

# **Les communautés d'Éphémères de quatre petites rivières en zone d'agriculture intensive dans le Sud-Ouest de la France [Ephemeroptera]**

par Mi-Young SONG\*, Alain THOMAS\*\* & Leslie FAGGIANO\*\*\*

\* Pusan National University, Busan 609-735, Republic of Korea

\*\* 5 rue du Vallon, F - 31320 Vieille-Toulouse, France  
[thomas.alain31@orange.fr](mailto:thomas.alain31@orange.fr)

\*\*\* Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, F - 31062 Toulouse Cedex4, France

Mots-clés : agriculture intensive, maïs, produits phytosanitaires, rectification du lit, pompages abusifs, réduction drastique du débit, communautés d'Éphémères, Indice Saprobique, disparition d'espèces, Gers, Haute-Garonne.

Les communautés d'Éphémères ont été étudiées pendant deux ans de l'amont vers l'aval de quatre rivières du Sud-Ouest, soumises presque exclusivement à l'impact de l'agriculture intensive (Sousson-Cédon, Save et Touch). 26 espèces ont été identifiées, dont 6 très peu abondantes. Presque toutes ces espèces présentent une valeur d'Indice Saprobique (BAUERNFEIND et al. in MOOG 2002) très élevée, confirmant leur tolérance vis à vis de l'oxygénation de l'eau et de la charge en matières organiques. Sur le Sousson, le plus exposé aux produits phytosanitaires, les sédiments, sans doute en raison de leur capacité d'adsorption des molécules toxiques, sont dépourvus de larves de Caenidae. Par comparaison avec d'autres cours d'eau des Prépyrénées très étudiés dans le passé, on peut estimer qu'un tiers des espèces (13/39) a disparu depuis le début des années 60 et qu'une dizaine d'autres, très peu abondantes ou même rares, sont très menacées et ne se maintiendront probablement pas dans cette zone au-delà de l'actuelle décennie. Les causes de cette dégradation spectaculaire des communautés sont : a) la toxicité des épandages ; b) le recalibrage du lit, déjà ancien, qui a diminué la diversité des microhabitats et la stabilité du fond ; c) l'enrichissement en N, P et S, et la baisse conséquente en O<sub>2</sub> dissous ; d) enfin les intenses prélèvements d'eau, irresponsables en plein été pour assurer à tout prix un rendement absolument maximal de la culture du maïs et qui transforment certaines rivières à l'étiage en une succession de flaques inertes, au moment où les conditions écologiques et biologiques sont les plus précaires.

## **Mayfly communities of four small rivers in intensive cultivation area in South-Western France [Ephemeroptera]**

Keywords: intensive cultivation, maize, pesticides, channelization, abusive water pumping, drastic drop in discharge, mayfly communities, Saprobic Index, disappeared species, Gers, Haute-Garonne.

The mayfly communities were studied for two years from upstream to downstream in four South Western rivers, exclusively impacted by intensive cultivation (Sousson-Cédon, Save and Touch). 26 species were identified, 6 of them clearly not abundant. Nearly all the species show a high or very high Saprobic Index value (BAUERNFEIND et al. in MOOG 2002), confirming their tolerance to low dissolved oxygen and intense organic pollution. In the Sousson stream, the most liable to pesticides, sediments -doubtless due to their ability to adsorb toxic molecules- are devoid of psammophilous larvae of Caenidae. A comparison with

other streams of Prépyrénées, whose benthic fauna was much studied in the past, allows the assumption that one species out of three (13/39) has disappeared since the early sixties, and about ten more, not abundant or even rare, are greatly threatened and will probably not survive in this area beyond the present decade. The reasons for this spectacular deterioration of communities are: a) toxicity of pesticides; b) channelization of streambeds in the seventies, greatly reducing the diversity of microhabitats, bottom stability and granulometry; c) enrichment with N, P and S, inducing a drop in dissolved oxygen; d) at last and probably above all abusive water sampling, irresponsible in mid- or late Summer, to ensure at all costs an absolutely maximal output of maize culture. This behaviour is frequent at very low water level and discharge; it turns certain streams into a succession of inert small pools, when biological conditions are most precarious for many species, especially those flying in late summer and in autumn.

## 1. Introduction

La présente étude constitue un complément au travail de SONG et al. (2009). Elle concerne plus particulièrement l'évolution amont-aval des communautés d'Éphéméroptères sur trois bassins versants d'une région d'agriculture intensive.

Le plus petit de ces bassins versants (Sousson) a déjà fait l'objet de travaux sur la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires (COLIN 2000, COLIN et al. 2000).

Les problèmes posés par les phytosanitaires, principalement les triazines et les urées substituées, apparaissent dans toute leur acuité dans cette région, en particulier si l'on considère que près de 80 % de l'approvisionnement de la population du département du Gers en eau potable provenait de l'eau de surface dans les années 90 (DDASS 1996).

Il est bien connu que la France est le premier marché européen de produits phytosanitaires, quantitativement le double de l'Allemagne (diverses sources dont U.I.P.P. 2000).

En fait, le « rendement » des produits phytosanitaires lors de leur application sur le terrain est très faible : moins de 0,3 % de la quantité des produits appliqués entre en contact avec les organismes cibles indésirables (PIMENTEL 1995). A priori cette valeur n'incite certes pas à réduire les épandages.

Mais la toxicité instantanée n'est pas seule en cause. Le devenir des produits épandus reste préoccupant. On considère que la vitesse de dégradation d'un produit toxique est donnée par la durée de demi-vie ou DT 50 de ce dernier. Mais la réalité écologique est plus complexe. D'abord parce que la vitesse de dégradation peut être très différente dans les sols et dans l'eau. L'exemple de l'Isoproturon est ainsi très inquiétant pour les hydrobiologistes : la DT 50 de cet herbicide, diméthylurée, est certes de 23 jours seulement en champs, mais de... 1560 jours dans l'eau à 20°C et à pH 7 (source : fr.wikipedia.org), soit une hydrolyse en phase aqueuse très faible. Ensuite, parce que les métabolites intermédiaires de dégradation peuvent être très nocifs. Ainsi, BENDER (1969), cité par LEYNAUD (1976) : « a montré que les produits de décomposition du malathion [un organophosphoré] étaient plus toxiques que cet insecticide lui-même et formaient avec lui un mélange synergique ».

## 2. Cours d'eau étudiés

Voir la Figure 1 et le Tableau 1.

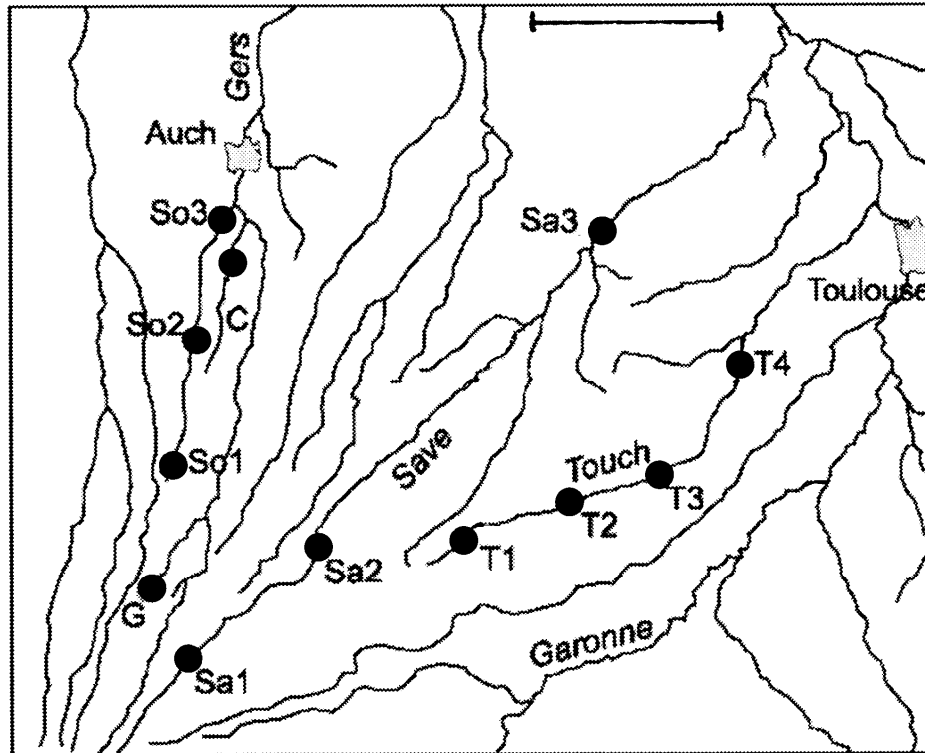


Figure 1. Localisation des stations sur les quatre rivières étudiées. D'Ouest en Est : Gèze (cours d'eau de référence : G), Sousson (So), Cédon (C), Save (Sa) et Touch (T). Échelle= 20 km.

Figure 1. Localization of sites along the four study rivers. From West to East: Gèze (reference stream: G), Sousson (So), Cédon (C), Save (Sa) and Touch (T). Bar = 20 km.

## 2.1. Les rivières Sousson et Cédon

Le bassin versant du Sousson (120 km<sup>2</sup>), situé en zone d'agriculture intensive, subit une pression phytosanitaire particulièrement forte depuis longtemps (COLIN 2000, COLIN et al. 2000). Le petit bassin du Cédon (affluent du Gers), moins impacté, lui est adjacent à l'Est. Tous deux se jettent dans le Gers à Pavie, en amont d'Auch. Sur ce bassin versant, domine la monoculture de maïs irrigué, qui a beaucoup recours aux herbicides.

La désignation d'une station « de référence » efficace sur le Sousson, idéalement en amont du premier impact, n'a pas été possible : le cours d'eau est affecté par l'épandage de phytosanitaires dès le stade petit ruisseau. Plus encore que sur les autres bassins versants de cette étude, la quantité de produits phytosanitaires dans l'eau est donc d'emblée, dès So 1 (distance à la source : seulement 1,5 km en ligne droite) largement tributaire de l'intervalle de temps entre les périodes d'épandage et les premières précipitations qui les suivent. En outre, le recalibrage du lit a large-

ment diminué le nombre de méandres et de biefs potentiels en créant un substratum uniformisé, semi-rectiligne et de facto peu stable, à l'origine d'une turbidité considérable lors des crues (jusqu'à plus de 100 mg/L de MES). Toutefois, une végétation bordante encore assez épaisse permet de limiter relativement l'insolation directe et donc réduit la température maximale de l'eau au cours de l'été, par débit très réduit, presque nul (GRAY & EDINGTON 1969).

Trois stations d'étude sont réparties sur le Sousson : So 1 (distance à la source de 1,5 km en ligne droite) ; So 2 (15 km) et So 3 (30 km). L'impact agricole maximal est relevé à So 2 (Tableau 2).

RIVIÈRE Code	Station	Dépt	Localisation		Altitude (m)	Zonation selon Illies & Botosaneanu	Paysage
			N	E			
TOUCH							
T 1	Lilhac	31	43°17'20"	0°50'22"	318	Epirhithron	Forêt
T 2	Fabas	31	43°19'14"	0°53'37"	270	Epirhithron	Champs cultivés
T 3	Savères	31	43°21'51"	1°06'59"	220	Hyporhithron	Champs cultivés
T 4	Lamasquère	31	43°29'33"	1°13'49"	182	Epipotamon	Champs cultivés
SAVE							
Sa 1	Gorges	31	43°13'37"	0°39'02"	316	Métarhithron	Forêt clairsemée
Sa 2	Anan	31	43°21'10"	0°49'18"	202	Hyporhithron	Champs cultivés
Sa 3	L'Isle-Jourdain	32	43°36'50"	1°04'37"	142	Hyporhithron	Entrée d'agglomération
SOUSSON							
So 1	Aujan-Mournède	32	43°22'52"	0°30'17"	248	Epirhithron	Champs cultivés
So 2	D104 Noailhan	32	43°29'25"	0°31'43"	182	Epirhithron	Champs cultivés
So 3	Pavie	32	43°37'09"	0°34'48"	138	Métarhithron	Entrée d'agglomération
CÉDON	Lasseube-Propre	32	43°34'33"	0°34'21"	160	Epirhithron	Champs cultivés
GEZE	Castelnau-Magnoac	65	43°16'23"	0°28'57"	372	Epirhithron	Pâturage, élevage bovins

Tableau 1. Les stations étudiées et la zonation de leurs communautés benthiques.

Table 1. The study sites and zonation of their benthic communities.

## 2.2. La rivière Save

Trois stations ont été choisies (Sa 1, Sa 2 et Sa 3) sur cette rivière qui prend sa source près de Lannemezan, loin en amont de Sa 1 (26 km en ligne droite, soit une distance ne permettant pas de l'affranchir complètement d'épandages de phytosanitaires). Néanmoins, Sa 1, en forêt clairsemée, garde un aspect torrentiel relatif et constitue une assez bonne référence vis-à-vis de Sa 2 et 3, malgré un substratum soumis périodiquement au piétinement d'assez nombreux pêcheurs. A Sa 2 et plus en aval, le recalibrage du lit a uniformisé la granulométrie et l'a rendue plus instable. Pour cette raison, la station Sa 3 a été déplacée vers l'aval la seconde année du programme

et a été localisée dans la partie amont de l'agglomération même de l'Isle-Jourdain, où le lit est « stabilisé » par de nombreux rejets sauvages de matériaux de construction à forte granulométrie (coulages de béton démolis, fragments de parpaings, briques, tuiles... tout à fait exploitables avec un surber de 0,2 m<sup>2</sup>). Ce substratum peu conventionnel est en fait très apprécié par nombre d'espèces qui ont survécu en petits effectifs (îlots) à l'impact chimique agricole : la richesse spécifique y est supérieure aux attentes.

### 2.3. La rivière Touch

Quatre stations ont été désignées sur cet affluent qui rejoint la Garonne à l'amont de Toulouse. Pour tenter de soustraire la station de référence amont aux influences agricoles, T 1 a été placée à 1,5 km seulement en ligne droite de la source et se trouve en forêt de Lilhac après un faible parcours en champs. Cette forêt est mixte, composée de conifères et de feuillus (*Carpinus betulus* pour une grande part). Différence écologique importante par rapport à l'aval, la station T 1 s'assèche complètement au mois d'août. Au sortir de cette forêt, le cours du Touch est barré sur 2 km de longueur, constituant une réserve d'eau bienvenue pour soutenir son débit lors de l'étiage estival. La station T 2 est située à 2 km en aval de cette retenue, sur un cours « rectifié », c'est-à-dire semi-rectiligne et à granulométrie uniformisée, comptant peu de galets et de facto instable. Malgré une largeur nettement supérieure, la station T 3 à 20 km de T 2, souffre des mêmes caractéristiques physiques défavorables du substratum, causées par un recalibrage intempestif. La station T 4 au contraire, sise dans la plaine garonnaise à une dizaine de km en amont de l'agglomération toulousaine, est moins strictement soumise aux influences agricoles intenses : le cours du Touch (épipotamon) coule sur un fond de galets relativement stable, avec une vitesse de courant de l'ordre de 0,4 à 0,5 m/s la plus grande partie de l'année, permettant une bonne oxygénation de l'eau malgré une charge chimique élevée et surtout très diversifiée.... Ce changement écologique majeur est dû à la présence, entre T 3 et T 4, de deux retenues qui soutiennent le débit du Touch, et entraînent aussi une baisse de conductivité très sensible par rapport à T 3, de l'ordre de 25 à plus de 50 % au printemps et en été.

### 2.4. La rivière Gèze

Elle a été choisie comme cours d'eau de référence, en particulier lors de la seconde partie de notre étude (FAGGIANO et al. 2013). Elle est en première catégorie piscicole.

L'unique station se trouve en contrebas d'une prairie d'élevage de bovins où l'impact phytosanitaire est donc faible. Même les rejets azotés de cet élevage, restent dans des limites acceptables (Tableau 2). Distance à la source de l'ordre de 1 km. Malgré sa situation dans le département des Hautes-Pyrénées (65), cette station est très proche des stations amont du Sousson (10 km) et de la Save (15 km). D'autre part, dans le lit du ruisseau, à l'emplacement de notre zone de prélèvements, a été édifiée depuis 2006 une importante station de pompage d'eau vers la retenue de Castelnau-Magnoac, inaugurée en VII-2007 (près de 5 M de m<sup>3</sup> dont 80 % destinés à soutenir le débit de la rivière Gers, principalement pour garantir l'alimentation en eau potable de la ville d'Auch). Ce dernier point est en faveur du choix de la Gèze comme cours d'eau de référence. L'absence de recalibrage sur la Gèze et une pente un peu plus forte permettent une plus grande diversité de microhabitats lotiques qu'aux autres stations, mais au détriment des sédiments fins.

DATES	18/19-VII-2005				9-VIII-2005				
STATIONS	Température eau °C	Conductivité µS/cm	N-NO <sub>3</sub> mg/L N NO <sub>3</sub>		Débit L/s	N-NH <sub>3</sub> mg/L N	N-NO <sub>2</sub> mg/L N	N-NO <sub>3</sub> mg/L N NO <sub>3</sub>	
<b>Save</b>									
Sa 1	17 à 9h30	150	1,0	4,4	50	< seuil	< seuil	0,8	3,5
Sa 2	20,5 à 11h30	195	1,4	6,2	20	< 0,02	0,011	1,1	4,9
Sa 3	22 à 17h30	255	2,4	10,6	400	0,04	0,033	2,0	8,9
<b>Touch</b>	<i>IMPACTS ESSENTIELLEMENT D'ORDRE HYDRAULIQUE</i>								
T 1	18 à 10h30	530	1,1	4,9	Assec	-	-	-	-
T 2	14 à 11h	360	1,0	4,4	15	0,39	0,036	0,6	2,7
T 3	21 à 14h30	350	0,9	4,0	<b>1,5</b>	0,09	0,023	1,0	4,4
T 4	22 à 15h	255	1,7	7,5	200	< 0,02	0,025	1,4	6,2
<b>Sousson</b>	<i>IMPACTS PAR PRODUITS FERTILISANTS ET PHYTOSANITAIRES</i>								
So 1	19 à 15h	420	<b>4,1</b>	<b>18,2</b>	<b>0,1</b>	0,05	0,012	<b>2,6</b>	<b>11,5</b>
So 2	20 à 16h	460	<b>11,0</b>	<b>48,7</b>	15	0,15	0,038	<b>7,4</b>	<b>32,8</b>
So 3	20 à 17h	480	<b>5,2</b>	<b>23,0</b>	<b>1</b>	0,06	0,061	<b>3,0</b>	<b>13,3</b>
Cédon	20,5 à 16h30	340	<b>3,0</b>	<b>13,3</b>	20	0,08	0,033	<b>2,7</b>	<b>12,0</b>
<b>Gèze</b>	<i>STATION DE REFERENCE</i>								
Castelnau-M.	16 à 14h30	110	0,9	4,0					

Tableau 2. Quelques paramètres physico-chimiques majeurs des stations pendant l'étiage estival.

Table 2. Some main physico-chemical parameters at sites during the summer at low water.

### 3. Matériel et méthodes

5 campagnes de prélèvements, fixées par les périodes d'épandage de produits phytosanitaires, ont été menées : 25 février au 4 mars 2004 ; 17 au 19 mai 2004 ; 1<sup>er</sup> au 5 juillet 2004 ; 16 au 18 mars 2005 ; 25 au 27 mai 2005.

Lors de chacune d'elles, et à chaque station, ont été réalisés :

- en milieu lotique un prélèvement au filet Surber de grande dimension (0,2 m<sup>2</sup>) pour mieux exploiter les éléments de forte granulométrie, et à maille fine (300 µm) pour permettre de récolter les stades immatures de nombreuses espèces, ce surtout en février-mars, loin de leur période d'émergence pour la plupart. ZELT & CLIFFORD (1972) estiment que 50 % des insectes aquatiques sont perdus lors de l'utilisation d'un vide de maille de 720 µm comparativement à 320 µm, les familles des Baetidae, Leuctridae, Chironomidae et Simuliidae étant particulièrement concernées.

- en milieu lentique un prélèvement de 1 litre de sédiments, effectué sur les deux cm superficiels d'épaisseur des dépôts.

Le tableau 3 correspond au cumul des effectifs récoltés pendant les cinq séries de l'étude, soit à chaque station sur une surface d'un m<sup>2</sup> et dans un volume de 5 L de sédiments.

Le total général correspond donc à l'exploitation de 12 m<sup>2</sup> de substratum pierreux et de 60 L de sédiments.

<i>Espèces</i>		S. I.	Matériel récolté par bassin versant					Total	
* : espèces non signalées du département du Gers			Touch	Save	Sousson & Cédon	Gèze	n	%	
** : espèces non signalées du département des Hautes-Pyrénées									
**	*	<i>Habroleptoides confusa</i> Sartori & Jacob, 1986	1,6	0	2	1	31	34	0,47
**	*	<i>Habrophlebia lauta</i> Eaton, 1884	2,0	217	1	19	58	295	4,08
		<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stephens, 1836)	1,6	0	6	0	0	6	< 0,10
		<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)	2,2	1	22	0	0	23	0,32
**		<i>Ephoron virgo</i> (Olivier, 1791)	2,3	0	88	0	1	89	1,23
		<i>Ephemera danica</i> Müller, 1764	1,8	77	5	21	15	118	1,63
	*	<i>Ephemera lineata</i> Eaton, 1870	-	4	14	0	0	18	0,25
		<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	2,3	40	30	12	0	82	1,13
	*	<i>C. pusilla</i> Navás, 1913	-	6	99	0	0	105	1,45
		<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	2,1	250	432	357	10	1049	14,46
	*	<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	2,2	234	389	24	0	647	8,92
		<i>B. lutheri</i> Müller-Liebenau, 1967	1,6	379	67	44	0	490	6,75
		<i>B. rhodani</i> (Pictet, 1843)	2,1	865	506	1082	1083	3536	48,73
	*	<i>B. vernus</i> Curtis, 1834	2,3	15	0	3	0	18	0,25
		<i>Centroptilum luteolum</i> (Müller, 1776)	2,1	1	0	0	0	1	< 0,10
		<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1761)	2,6	0	1	0	0	1	< 0,10
	*	<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson, 1912)	2,1	1	0	2	0	3	< 0,10
		<i>Siphonurus aestivalis</i> Eaton, 1903	2,0	1	0	0	0	1	< 0,10
		<i>Oligoneuriella rhenana</i> (Imhoff, 1852)	1,9	1	189	0	0	190	2,62
		<i>Ecdyonurus dispar</i> (Curtis, 1834)	2,1	24	112	73	31	240	3,31
		<i>E. insignis</i> (Eaton, 1870)	2,2	3	4	0	0	7	< 0,10
	*	<i>E. venosus</i> (Fabricius, 1775)	1,7 <sup>1</sup>	0	9	0	5	14	0,19
	*	<i>Electrogena lateralis</i> (Curtis, 1834)	1,9	3	10	0	15	28	0,39
		<i>Epeorus cf. torrentium</i> Eaton, 1881	1,4	0	10	0	9	19	0,26
		<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller, 1776)	2,0	24	126	9	9	168	2,32
		<i>Rhithrogena cf. semicolorata</i> (Curtis, 1834)	1,9	0	69	1	5	75	1,03
<b>Effectifs totaux récoltés</b>			2146	2191	1648	1272	<b>7257</b>	100	
<b>Surface correspondante</b>			4 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	<b>12 m<sup>2</sup></b>		
<b>+ Volume de sédiments correspondant</b>			20 L	15 L	20 L	5 L	<b>60 L</b>		

Tableau 3. Effectifs d'Éphémères (larves) récoltés sur les bassins versants concernés; indice saprobique (S. I.) et abondance relative des espèces.  
N. b.: <sup>1</sup> = pour *E. venosus*, la valeur du S. I. retenue est celle donnée par FRIEDRICH (1990).

Table 3. Numbers of Mayfly larvae collected in the study catchments; saprobic index (S. I.) and relative abundance of species.  
N. b.: <sup>1</sup> = regarding *E. venosus*, the S. I. value is that proposed by FRIEDRICH (1990).

Par rapport au programme, le second auteur a jugé utile d'effectuer personnellement un complément d'analyses physico-chimiques pendant les vacances d'été, en juillet et en août 2005, lorsque les biocénoses ont à faire face simultanément aux valeurs de température de l'eau les plus élevées et de débit les plus faibles, ceci au moment où les cycles biologiques de beaucoup d'espèces, à la maturité ou proches de cette dernière, présentent la plus grande fragilité. Le résultat (Tableau 2) révèle, pour les quelques paramètres mesurés, des valeurs très élevées, sans doute proches des extrêmes potentiels. Ces valeurs sont en accord avec les objectifs de qualité de la rivière Gers définis selon l'arrêté du 25 janvier 2010, entre autres :  $\text{NO}_3 < 50 \text{ mg/L}$  ;  $\text{NH}_4 < 0,5 \text{ mg/L}$  ;  $\text{NO}_2 < 0,3 \text{ mg/L}$ .

## 4. Répartition des Éphéméroptères

En tout 26 espèces ont été récoltées (Tableaux 3 et 4 ; la systématique est celle adoptée par l'Atlas de distribution des Éphémères de France : BRULIN 2007, 2010 & 2011), dont deux (*Baetis rhodani* et *Serratella ignita*) présentent une fréquence d'occurrence de 100 % et sont très abondantes (respectivement 48,73 et 14,46 % du total). Voici quelques commentaires sur les trois principales familles.

### Baetidae

Cette famille compte 7 espèces et est donc, avec les Heptageniidae, la plus diversifiée sur les réseaux hydrographiques étudiés. À l'exception de *Baetis lutheri*, l'espèce la plus rhéophile, toutes les autres sont préférées de courants modérés (*B. fuscatus*, *B. vernus*) ou d'écoulements très lents (*Cloeon dipterum*, *Procloeon bifidum*) permettant à leurs larves nageuses de se déplacer à la surface des sédiments. Ces dernières possèdent un Indice Saprobique, S. I., très élevé (entre 2,1 et 2,6, valeur maximale pour les Éphémères d'Europe).

### Heptageniidae

À l'exception d'*E. insignis*, plus potamophile, les six autres espèces de cette famille se trouvent à la station de référence sur la Gèze, typique d'un rhithral. Sauf sur la Save, rivière la plus rapide de notre étude, la communauté des Heptageniidae, pétricole et rhéophile, souffre beaucoup de la dégradation du fond causée par le recalibrage. Deux espèces seulement présentent sur les trois cours d'eau des densités de population non négligeables : *Ecdyonurus dispar* et *Heptagenia sulphurea*.

### Leptophlebiidae

De façon surprenante, cette famille (3 espèces) représente moins de 5 % du total. Elle est pourtant typique des petits cours d'eau de plaine ombragés et devrait a priori être diversifiée et abondante en particulier aux stations T 1, T2, Sa 1, So 1, So 2, So 3, Cédon et Gèze. Or seule, *Habrophlebia lauta* n'est pas représentée par des effectifs négligeables ; son S. I. est le plus élevé de cette famille (2,0).



## 5. Discussion

### 5.1. Abondance

À l'exception de *Baetis rhodani* et de *Serratella ignita*, ubiquistes, qui présentent une fréquence d'occurrence de 100 % et presque à chaque station de forts effectifs, beaucoup d'espèces sont très peu abondantes, voire rares (Tableau 3). *Paraleptophlebia submarginata*, *Centroptilum luteolum*, *Cloeon dipterum*, *Procloeon bifidum*, *Siphonurus aestivalis* et *Ecdyonurus insignis* se trouvent largement sous le seuil moyen d'un individu par m<sup>2</sup> de substratum prospecté, compte tenu d'une phase de tri très minutieuse, par des étudiants concernés par de courts mémoires universitaires sur ce sujet<sup>1</sup>.

Les communautés observées à chaque station sont ainsi très souvent fragiles. Par exemple, à la station T 4, pas moins de 7 espèces sur 14 sont représentées par seulement 1 à 3 individus récoltés sur un m<sup>2</sup> de substratum prospecté pendant toute l'étude (Tableau 4).

### 5.2. Évolution de la richesse spécifique de l'amont vers l'aval

Paradoxalement, la richesse spécifique est croissante vers l'aval sur les deux plus grandes rivières (Touch et Save).

Cela s'explique :

- d'abord par l'établissement tardif d'un écoulement plus rapide du Touch (prélèvements d'eau pour l'irrigation du maïs en forte diminution à T 4 par rapport à T 3 : voir Tableau 2), ce sur un fond de galets plus stable dans la plaine toulousaine (richesse spécifique : 7, 8, 9 et surtout 14, respectivement de T 1 à T 4, l'accroissement de richesse à cette dernière station reposant sur les Heptageniidae) ;

- ensuite par les influences anthropiques qui ne sont plus exclusivement celles d'une zone d'agriculture intensive : les surfaces traitées par phytosanitaires diminuent, alors que la diversité des rejets augmente (agglomérations nettement plus grandes, implantation de stations d'épuration, présence d'ateliers et d'entreprises diverses).

Concernant la Save, la situation est assez comparable : vers l'aval la stabilité du substratum et le débit estival (Tableau 2) apparaissent comme des facteurs écologiques majeurs, permettant de prouver qu'un nombre inattendu d'espèces peut encore se maintenir dans ce cours d'eau (richesse spécifique : 15, 14 et pas moins de 17, respectivement à Sa 1, Sa 2 et Sa 3). *Ephoron virgo*, apparaît en Sa 2 et surtout en Sa 3. Cette observation constitue un élément favorable pour l'évaluation de la qualité de l'eau à cette dernière station, colonisée aussi par *Paraleptophlebia submarginata*, devenue peu fréquente dans la région.

Le bilan sur le Sousson est tout autre : il s'aggrave nettement vers l'aval (richesse spécifique : 9, 6 et 6 respectivement pour So 1, So2 et So 3, avec des effectifs totaux nettement en baisse : 685, 314 et 129). Mais le point le plus notable des communautés d'Éphémères est

---

<sup>1</sup> Soulignons aussi l'utilisation d'un vide de maille très favorable de 300 µm, soit 0,09 mm<sup>2</sup>, comparativement à la procédure IBGN (vide de maille plus de 2 fois et demie plus grand : 500 µm, soit 0,25 mm<sup>2</sup>). L'inconvénient de possibles remous dans le filet en courant rapide (montagne, haute montagne) disparaît en augmentant la longueur de ce dernier.

l'absence **totale** de Caenidae (*Caenis luctuosa* et *C. pusilla*) dans les prélèvements de sédiments aux trois stations du Sousson (contrairement au Cédon tout proche). L'interprétation la plus simple et la plus logique est que ces organismes robustes, inféodés à ce type de milieu et largement répandus dans les cours d'eau du Sud-Ouest, souffrent d'un impact toxique, les sédiments constituant un piège adsorbant vis à vis de nombreuses molécules nocives. La situation est un peu plus favorable pour les Ephemeridae, eux aussi psammophiles : *Ephemera danica* se maintient à So 1, contrairement à *E. lineata*, plus fragile, bien que moins rhéophile et plus potamophile. En effet, la stratégie des deux genres *Ephemera* et *Caenis* est très différente : si le second protège mécaniquement par un bouclier ses branchies contre l'abrasion lors du fouissage, le premier crée un courant d'eau pour « ventiler » les siennes et les oxygéner. Ce point est important car une sous-saturation en O<sub>2</sub> inférieure à 70 % apparaît l'été aux trois stations So 1, So 2 et So 3, ce cas n'étant d'ailleurs pas rare dans le bas piémont des Pyrénées (LABAT et al. 2004). Conjointement aux Caenidae, on remarque aussi l'absence totale, depuis So 1 à So 3, de deux espèces pourtant robustes : *Potamanthus luteus* (S. I. = 2,2) qui colonise les pierres et galets envasés en courant lent, et *Ephoron virgo*, l'Éphémère des mannes blanches de jadis (S. I. = 2,3) inféodé aux graviers, actuellement de plus en plus exposés au colmatage par des éléments fins, pièges à molécules toxiques.

### 5.3. Remplacements d'espèces

Peu de remplacements d'espèces de l'amont vers l'aval apparaissent clairement.

Vers l'aval du Touch et de la Save, les populations de *Baetis fuscatus* s'accroissent alors que celles de *B. rhodani* sont en régression, observation classique sur l'hyporhithron et l'épipotamon de la vallée de la Garonne.

*Epeorus* cf. *torrentium* n'est présent que dans le rhithral strict (épi et métarhithral : Gèze, Sa 1) et cède la place vers l'aval aux espèces du genre *Ecdyonurus*.

Sur la Save, *Ephemera danica*, présente en Sa 1, paraît céder la place en Sa 2 et Sa 3 à *Ephemera lineata* plus potamophile mais relativement fragile et non prise en compte par le S.I.

### 5.4. Cas particulier du Touch dans la forêt de Lilhac

À la station T 1, le Touch s'assèche complètement l'été, après un fort étiage en fin de printemps. En conséquence, beaucoup d'espèces à période de vol estivale ne sont pas présentes à cette station : *B. lutheri*, *E. insignis*, *E. venosus*, *E. cf. torrentium*, tandis que *B. rhodani* et *S. ignita* -pourtant à fréquence d'occurrence de 100 %- sont peu abondantes. Les espèces psammophiles (Ephemeridae, Caenidae) dont l'habitat est émergé en fin de printemps puis déshydraté en été, sont éliminées. Même *Ephemera danica*, la mouche de mai -dont la période de vol précéderait l'assec- est absente, à cause de son cycle biologique étalé sur deux ans.

---

Page 49 :

Tableau 4. Les communautés d'Éphémères aux 12 stations prospectées 5 fois. Entre crochets [ ] les individus récoltés dans les sédiments.

F. O. : fréquence d'occurrence. Richesse spécifique et Indice Saprobique moyen de ces communautés.

Table 4. The mayfly communities at 12 sampling sites prospected five times. Between square brackets [ ] the individuals collected in sediments.

F. O.: Frequency of occurrence. Species richness and mean Saprobic Index of these communities.

Espèces	Matériel récolté												F. O. (%)	
	Touch				Save			Sousson			Cédon	Gèze		
	Stations	T 1	T 2	T 3	T 4	Sa 1	Sa 2	Sa 3	So 1	So 2				So 3
<i>Habroleptoides confusa</i>		0	0	0	0	1 [1]	0	0	1	0	0	0	31	25,0
<i>Habrophlebia lauta</i>	195 [6]	11	4	[1]		0	1	0	2 [1]	1	0	15	58	75,0
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>		0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	8,3
<i>Potamanthus luteus</i>		0	0	0	1	0	17	5	0	0	0	0	0	25,0
<i>Ephoron virgo</i>		0	0	0	0	0	2 [1]	82 [3]	0	0	0	0	1	25,0
<i>Ephemera danica</i>		0	44 [31]	0	1 [1]	[5]	0	0	2 [17]	1	0	1	[15]	58,3
<i>E. lineata</i>		0	0	1 [3]	0	0	3 [9]	[2]	0	0	0	0	0	25,0
<i>Caenis luctuosa</i>		0	2	10 [15]	5 [8]	0	15 [7]	8	0	0	0	12	0	50,0
<i>C. pusilla</i>		0	0	0	6	4	6	89	0	0	0	0	0	33,3
<i>Serratella ignita</i>	58 [10]	148 [6]	22 [1]	3 [2]	197 [3]	196 [1]	35	148 [2]	19 [1]	40	142 [5]	9 [1]	100	
<i>Baetis fuscatus</i>		0	0	6	228	21 [4]	220	144	0	7	0	17	0	58,3
<i>B. lutheri</i>		0	0	6	373	5	28	34	0	40	4	0	0	58,3
<i>B. rhodani</i>	23 [1]	114 [1]	497	228 [1]	350 [1]	144	10 [1]	461	246	74	298 [3]	1080 [3]	100	
<i>B. vernus</i>		0	15	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	16,7
<i>Centroptilum luteolum</i>		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3
<i>Cloeon dipterum</i>		0	0	0	0	0	0	[1]	0	0	0	0	0	8,3
<i>Procloeon bifidum</i>	[1]	0	0	0	0	0	0	0	[1]	0	[1]	0	0	25,0
<i>Siphonurus aestivalis</i>		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,3
<i>Oligoneuriella rhenana</i>		0	0	0	1	130	53	6	0	0	0	0	0	33,3
<i>Ecdyonurus dispar</i>		17	3	1	3	10	94	8	59	0	10	4	31	91,7
<i>E. insignis</i>		0	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0	25,0
<i>E. venosus</i>		0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	5	25,0
<i>Electrogena lateralis</i>		0	0	0	3	6	0	4	0	0	0	0	15	33,3
<i>Epeorus cf. torrentium</i>		0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	9	16,7
<i>Heptagenia sulphurea</i>		2	4	0	18	32	61	33	9	0	0	0	9	66,7
<i>Rhithrogena cf. semicolorata</i>		0	0	0	0	36	33	0	0	0	1	0	5	33,3
<b>Effectif total / m<sup>2</sup> (Surber)</b>		296	341	548	873	813	873	466	685	314	129	489	1253	
<b>Effectif total / 5 L de sédiments</b>		18	38	19	13	14	18	7	21	1	1	8	19	
<b>Richesse spécifique</b>		7	8	9	14	15	14	17	9	6	6	7	12	
<b>Indice saprobique (S. I.) moyen</b>		2,07	2,09	2,06	2,03	1,89	2,06	2,05	2,01	1,97	1,98	2,09	1,91	

### 5.5. Évolution amont-aval de l'Indice Saprobique moyen

Sauf, dans une certaine mesure, pour la station Sa 1 qui conserve un aspect relativement « torrentiel », l'Indice Saprobique S. I. (MOOG 2002 : BAUERNFEIND et al. pour l'ordre des Éphéméroptères) ne discrimine pas nettement les stations de l'étude, lorsque cette dernière porte sur ce seul ordre d'insectes. Il n'a pu en effet être désigné de station amont non impactée ou très peu impactée par l'agriculture intensive à T 1 et surtout à So 1 : une biodiversité réduite est **déjà** observée dès la station amont (malgré la faible distance à la source : moins de 2 km dans les deux cas). Il en résulte de facto des valeurs moyennes de S. I. voisines d'une station à l'autre, de l'amont vers l'aval à cause de la disparition d'espèces fragiles du rhithron, les espèces survivantes possédant un S. I. élevé ou très élevé.

### 5.6. Disparition d'espèces en zone d'agriculture intensive sur les 50 dernières années

BEKETOV et al. (2013) ont estimé que la perte de richesse spécifique causée par les pesticides dans les cours d'eau peut atteindre 42 % en Europe (bases de données allemande et française). En outre, les effets en Europe sont détectés à des concentrations que la législation considère comme « protectrices de l'environnement ». Les prévisions de ces auteurs sont pessimistes : tout d'abord l'usage des pesticides n'a pas diminué au cours de la dernière décennie (ils citent Eurostat Database ; <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>) et ensuite il est prévu que cet usage s'accroisse au cours des prochaines décennies en raison du changement climatique (KATTWINKEL et al. 2011). BEKETOV et al. (op. cit.) craignent que les effets réels des pesticides puissent être facilement attribués à d'autres « drivers » plus traditionnels car mieux connus et d'étude plus facile à cerner (niveaux de N, de P, dégradation de l'habitat). La mesure des concentrations de pesticides actifs dans l'environnement est en effet difficile et coûteuse, en raison de leur dégradation et de leur très grande diversité : ainsi il y a 20 ans, LARGUIER & MICHON (1994) ont recensé en France plus de 900 substances phytosanitaires, impliquées dans près de 9.000 spécialités commerciales.

Comparaison avec l'évolution des communautés d'Éphémères du Volp :

- La comparaison avec le Volp, petite rivière de l'Ariège et de la Haute-Garonne depuis 1959 (LABAT et al. 2004) de caractéristiques physiques et chimiques naturelles assez voisines, permet d'estimer que 6 espèces au moins ont disparu pendant les 50 dernières années, des stations à faible largeur de cours (épi et métarhithral sensu ILLIES & BOTOSANEANU 1963 : So 1, So 2, So 3, Cédon, Sa 1, T 1 et T 2) : *Ephemera vulgata* (S. I. = 2,2), *Caenis macrura* (1,9), *Torleya major* (1,8), *Alainites muticus* (1,4), *Procloeon gr. pennulatum* (2,3) et *Ecdyonurus macani* (1,4).

- La comparaison par analogie avec d'autres données anciennes concernant des rivières plus larges de l'Ariège et de la Haute-Garonne, ainsi que la confrontation aux données de l'atlas de l'INVFMR (BRULIN 2007, 2010 et 2011)<sup>2</sup>, permettent aussi d'estimer que 7 autres espèces ont disparu depuis une cinquantaine d'années des stations restantes de notre étude vers l'aval, appartenant à l'hyporhithral et même à l'épipotamal (Sa 2, Sa 3, T 3 et T 4) : *Choroterpes picteti*,

---

<sup>2</sup> L'Inventaire des Éphémères de France -qui constitue une base de données fondamentales et comparatives devenue incontournable- fait appel à 253 récolteurs... dont aucun n'habite le département du Gers : les nouvelles données concernant ce département sont donc apportées par des observateurs/collecteurs de passage (M. Brulin, comm. pers.).

*Leptophlebia marginata* (2,0), *Paraleptophlebia cincta*, *Caenis beskidensis* (1,4), *Baetis buceratus* (2,4), *Ecdyonurus aurantiacus* (2,2) et *Rhithrogena germanica*.

Le nombre d'espèces très probablement disparues des trois bassins versants Sousson/Cédon, Save et Touch est donc porté à 13, soit 50 % de la richesse spécifique actuelle, c'est à dire un appauvrissement de 33 % de l'ensemble. Cette valeur est à comparer aux 42 % annoncés comme valeur maximale par BEKETOV et al. (2013).

## 6. Conclusion

Sur la région étudiée, il s'agit d'un impact agricole multiple, par quatre composantes principales, aux effets synergiques mais aux limites non identifiables individuellement :

- toxique par les produits phytosanitaires ;
- chimique par enrichissement principalement en N, P et S par produits fertilisants entraînant une baisse de la concentration en oxygène dissous ;
- physique, plus ancienne, par recalibrage du lit ayant restreint la diversité des microhabitats possibles et le nombre des petits biefs, niches écologiques majeures pour de nombreuses espèces d'invertébrés benthiques ; rappelons aussi que l'impact des crues sur les communautés benthiques est plus marqué dans les cours d'eau recalibrés, du fait de leur appauvrissement en refuges potentiels vis-à-vis du flot (NEGISHI et al. 2002).
- hydraulique, peut être la plus grave. La culture du maïs requiert une irrigation tardive, estivale (juillet-août). Nous avons pu constater avec consternation des prélèvements d'eau proportionnellement très importants malgré un fort étiage, au-delà de toute limite raisonnable à la station T 3 (Tableau 2). Nous regrettons que seul le rendement à outrance, jusqu'à la dernière fraction de pourcentage, ait été pris en considération par les agriculteurs concernés. Malgré le soutien apporté en amont par la retenue de Lilhac, le Touch à la station T 3, réduit à une largeur de 1,5 m (5 à 6 m en mai) était devenu à la mi-août une succession de grandes flaques, avec un débit quasi-nul : 1,5 L/s ; de part et d'autre, les champs de maïs étaient l'objet d'une irrigation intense. Corrélativement, dans ces zones lenticules ou même stagnantes en cours d'assèchement, la concentration des substances transportées s'accroît sensiblement : par exemple à la station de référence Gèze à la mi-juillet, la concentration en NO<sub>3</sub> dans le filet d'eau subsistant était de 4,0 mg/L pour 16 °C, à comparer à 5,3 mg/L pour 19 °C au même moment dans une flaque résiduelle contiguë.

Or, l'absence de courant constitue un grave impact pour la majorité des espèces rhéophiles. Prenons le cas de *Baetis rhodani* : malgré sa large valence écologique, sa fréquence d'occurrence de 100 % à nos stations et sa période de vol exceptionnellement longue (nombreuses références, dont en particulier BRULIN 2011), cette espèce tolère fort mal les interruptions d'écoulement de la masse d'eau, annulant le débit, ainsi que l'ont montré MOTH IVERSEN et al. (1978). Tout d'abord les apports trophiques et le brassage de l'eau au niveau des branchies sont perturbés ou supprimés. La hausse de concentration en substances dissoutes entraîne aussi, directement, des problèmes d'excrétion et éventuellement de toxicité. Les espèces estivales et automnales sont éradiquées ; seules ont une chance de survie les espèces plus précoces (printanières) ou à période de vol étalée (printemps-été) chez lesquelles les larvules à l'éclosion, issues des derniers adultes ayant pu survivre, peuvent s'enfoncer dans le substratum du lit et son sous-écoulement, pendant les quelques mois d'étiage intense ou même d'assec.

### Remerciements

Nous sommes heureux d'adresser un merci reconnaissant à Michel Brulin pour ses interventions sur ce travail. Le programme ECOBAG (Environnement, Écologie et Économie du Bassin Adour-Garonne) a soutenu financièrement l'étude IMAQUE.

### Travaux cités

- BAUERNFEIND, E., O. MOOG & P. WEICHELBAUMER. 2002. *Ephemeroptera*.- Part III, 24 pp in O. Moog (ed.): *Fauna aquatica austriaca, a comprehensive species inventory of Austrian aquatic organisms with ecological notes*, 2<sup>nd</sup> edition. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BEKETOV, M. A., B. J. KEFFORD, R.B. SCHÄFER & M. LIESS. 2013. Pesticide reduce regional biodiversity of stream invertebrates. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305618110](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1305618110)
- BENDER, M. E. 1969. The toxicity of hydrolysis and breakdown products of malathion to the fished minnow. *Water Research*, **3** (8) : 571-582.
- BRULIN, M. 2007. Atlas de distribution des Éphémères de France. 1<sup>ère</sup> partie : hors Baetidae et Heptageniidae (Insecta, Ephemeroptera). *Ephemera*, 2006, **8** (1) : 1-73.
- BRULIN, M. 2010. Atlas de distribution des Éphémères de France. 2<sup>ème</sup> partie : famille des Heptageniidae (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2009, **11** (2) : 71-133.
- BRULIN, M. 2011. Atlas de distribution des Éphémères de France. 3<sup>ème</sup> partie : familles des Ametropodidae et des Baetidae (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2010, **12** (2) : 65-109.
- COLIN, F. 2000. *Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires. Cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France)*. Thèse de Doctorat de l'ENGREF ; spécialité : Sciences de l'eau ; Montpellier, 255 pp.
- COLIN, F., C. PUECH & G. DE MARSILY. 2000. Relations between triazine flux, catchment topography and distance between maize fields and the drainage network. *Journal of Hydrology*, **236** : 139-152.
- DDASS. 1996. Qualité des eaux distribuées, Gers 1992-1995. Auch, 19 pp.
- FAGGIANO, L., A. THOMAS & S. LEK. 2013. Les communautés d'Elmidae de quatre rivières en zone d'agriculture intensive dans le S-W de la France. Lésions des branchies chez *Elmis maugetii* (Latreille, 1798) (Coleoptera). *Ephemera*, **14** (1) : xx-yy.
- FRIEDRICH, G. 1990. Eine Revision des Saprobien-systems. *Zeitschrift für Wasser und Abwasser-Forschung*, **23**: 141-152.
- GRAY, J. R. A. & J. M. EDINGTON. 1969. Effect of woodland clearance on stream temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **26** (2): 399-403.
- ILLIES, J. & L. BOTOSANEANU. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitteilungen der internationalen Vereinigung für Theoretische und angewandte Limnologie*, n° **12**: 1-57 + 1 pl.
- KATTWINKEL, M., J. V. KÜHNE, K. FOIT & M. LIESS. 2011. Climate change, agricultural insecticide exposure, and risk for freshwater communities. *Ecological Applications*, **21** (6) : 2068-2081.
- LABAT, D., O. DELZONS, A. THOMAS, S. BROUSSE & V. MARIE. 2004. Évolution sur 40 ans du peuplement en Éphémères d'une petite rivière des Prépyrénées, le Volp : résultats préliminaires (Ephemeroptera). *Ephemera*, 2002, **4** (1) : 15-34.
- LARGUIER, M. & P. MICHON. 1994. Un aperçu sur l'évolution des produits phytosanitaires. *Bulletin Technique d'Information, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche*, Paris, **17** : 12-21.
- LEYNAUD, G. 1976. Effets toxiques des pollutions sur la faune piscicole. Pp 135-148 in P. Pesson (éd.) : *La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques*. Gauthier-Villars.
- MOTH IVERSEN, T., P. WIBERG-LARSEN, S. BIRKHOLM HANSEN & F. S. HANSEN. 1978. The effect of partial and total drought on the macroinvertebrate communities of three small danish streams. *Hydrobiologia*, **60** (3): 235-242.

- NEGISHI, J. N., M. INOUE & M. NUNOKAWA. 2002. Effects of channelisation on stream habitat in relation to a spate and flow refugia for macroinvertebrates in northern Japan. *Freshwater Biology*, **47**: 1515-1529.
- PIMENTEL, D. 1995. Amounts of pesticides reaching targets pest: environmental impacts and ethics. *Journal of Agriculture and environmental Ethics*, **8**: 17-29.
- SONG, M.-Y., F. LEPRIEUR, A. THOMAS, S. LEK-ANG, T.-S. CHON & S. LEK. 2009. Impact of agricultural land use on aquatic assemblages in the Garonne river catchment (SW France). *Aquatic Ecology*, **43**: 999-1009.
- U.I.P.P. (Union des Industries de la Protection des Plantes). 2000. Rapport annuel 1999. 33 pp.
- ZELT, K. A. & H. F. CLIFFORD. 1972. Assessment of two mesh sizes for interpreting life cycles, standing crop, and percentage composition of stream insects. *Freshwater Biology*, **2**: 259-269.