

Substrats artificiels et évaluation biologique des étangs : (1) étude préliminaire sur St-Quentin-en-Yvelines (78, France)

par Samuel JOLIVET*¹ et Gérard MASSELOT**

* OPIE, route de la Minière, B.P. 30, F - 78041 Guyancourt Cedex, France

** Aquare+, 6 allée des Peupliers, F - 78390 Bois d'Arcy, France

1. Travail effectué dans le cadre d'un Diplôme d'Etudes Supérieures de l'Université Paul Sabatier, Toulouse

Mots-clés : étang, substrats artificiels, macroinvertébrés benthiques, synécoparcimonie, qualité de l'eau, système des saprobies, NH_4^+ .

L'évaluation biologique de la qualité des eaux stagnantes accuse un important retard par rapport aux milieux lotiques. Dans le but de mettre au point un indice de qualité par la recherche de taxons indicateurs, nous avons prospecté pendant deux ans l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines (78, France). Cet étang (surface = 135 ha, altitude = 163 m) est enclavé dans une vaste zone urbaine; son alimentation en eau subit les impacts cumulés de déversements domestiques et de produits phytosanitaires. Des substrats artificiels (du type utilisé par JOLIVET et al. 2001), contenant des pierres et de la corde, ont été relevés toutes les six semaines en hiver, au printemps et en été. 108 taxons ont été récoltés, dont 49 ETDO (Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera et Odonata). Ces quatre groupes taxonomiques ont été retenus pour une analyse par synécoparcimonie. Cette dernière dégage 7 taxons indicateurs de qualité du milieu, appartenant à trois niveaux saprobiques (α , $\alpha\beta$ et β mésosaprobies). Pour l'année 2001, il y a congruence entre l'unique biocénogramme des sites et les classes de concentration en ion NH_4^+ .

Artificial substrates and ponds bio-assessment : (1) preliminary study on St-Quentin-en-Yvelines (78, France)

Keywords : pond, artificial substrates, benthic macroinvertebrates, synecoparsimony, water quality, saprobic system, NH_4^+ .

The biological assessment of the quality of standing waters is less developed compared to running waters. Our aim was to identify indicator taxa, as a first step to elaborate a biotic index. The pond of Saint-Quentin-en-Yvelines (78, France) has been sampled during two years. This pond (surface = 135 hectares, elevation = 163 m) is located in a large urban area, and its water supply receives both sewage and phytosanitary products. Sampling was achieved using artificial substrates (as used by JOLIVET et al. 2001), containing stones and cord. They were raised every six weeks in Winter, Spring and Summer. 108 taxa were collected, among which 49 ETDO (Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera and Odonata). These four taxonomic groups were used in a synecoparsimony analysis. That method permitted to distinguish 7 indicator taxa belonging to three saprobic levels (α , $\alpha\beta$ and β mesosaprobies). There is congruence between the 2001 single biocenogram of sites and the concentration classes in ammonium (NH_4^+).

1. Introduction

La connaissance et la surveillance de la qualité des cours d'eau par l'étude de leur faune et de leur flore constituent depuis longtemps une part importante des recherches en hydrobiologie (HYNES 1960). L'essentiel des recherches récentes en eau stagnante a porté sur les milieux lacustres (voir par exemple pour la France : VERNEAUX et al. 1993a et b, VERNEAUX & VERNEAUX (2003). L'utilisation du macrobenthos comme bioindicateur de la qualité des eaux des étangs est une voie qui nécessitait d'être explorée, d'autant que les gestionnaires d'espaces naturels à vocation conservatoire, de loisirs ou de production piscicole, trouveraient un soutien scientifique à l'expertise de leurs plans d'eau. La difficulté majeure réside dans la définition d'outils pertinents, notamment la découverte de taxons indicateurs de la qualité des milieux. Ainsi, une première phase du présent travail, réalisée de septembre 2000 à septembre 2002, a consisté, à travers l'étude du macrobenthos de plusieurs étangs, à dégager des groupes indicateurs (spectre de taxons, voir par exemple SCHMIDT 1985 pour les Odonates) permettant de diagnostiquer la qualité des milieux considérés, en confrontant la présence/absence de différents groupes d'insectes (Ephéméroptères, Trichoptères, Odonates et Diptères notamment) aux paramètres physico-chimiques des plans d'eau, et en mettant en avant leurs exigences saprobiques. L'objectif était de créer une clé simple (espèces-cibles) permettant d'associer la qualité écologique d'une pièce d'eau à son peuplement entomologique. Les résultats de notre étude sur l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines (78) sont exposés ci-après.

2. Le site d'étude : l'étang de St-Quentin-en-Yvelines

2.1. Historique et état actuel

L'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines (Carte 1), d'une superficie de 135 ha, est situé sur le plateau de Trappes, à une altitude de 163 m. Il repose sur les sables de Lozère, les meulrières de Montmorency et leurs argiles associées qui assurent l'imperméabilité du substrat.

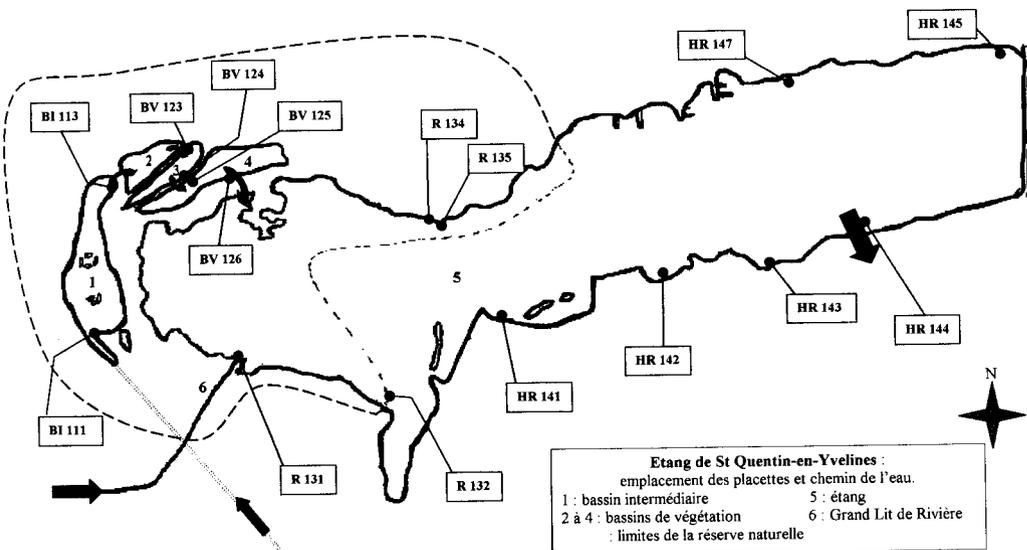
L'origine -artificielle- de cet étang remonte au XVII^e siècle : Colbert fut chargé des travaux nécessaires pour alimenter les «Grandes Eaux» du château de Versailles en créant un plan d'eau, délimité par deux digues en pierre barrant un talweg naturel, partie intégrante d'un vaste réseau regroupant 15 étangs, 8 retenues, 140 km de rigoles et 34 aqueducs recueillant l'eau de pluie tombée sur près de 15000 hectares. L'étang sert aussi de bassin de rétention des crues, permettant d'éviter l'inondation des communes de la ville nouvelle qui s'est récemment développée à son bord immédiat (150000 habitants). Le Syndicat Mixte d'Aménagement des Etangs et Rigoles (SMAGER) est responsable de la gestion du bassin de rétention.

La volonté de préserver et de restaurer cette zone humide a conduit à mettre en place en 1986 une réserve naturelle en partie Ouest de l'étang (GROLLEAU 2001, MORAND 2001), gérée depuis 1989 par la Base de Plein Air et de Loisirs (BPAL) de Saint-Quentin-en-Yvelines, qui comprend :

- une partie du plan d'eau historique et sa zone d'atterrissement naturel, occupée par des groupements végétaux caractéristiques des zones humides ;
- un dispositif d'écrêtement des crues et de lagunage des eaux pluviales de la ville de Trappes, comprenant un bassin de stockage et de décantation des eaux dit «bassin intermédiaire» (BI) et 3 bassins de lagunage dits «bassins de végétation» (BV).

Le bassin-versant concernant directement l'étang a une surface de 1300 ha. L'alimentation de l'étang a pour origines principales :

- les eaux issues de la chaîne d'étangs de la région de Rambouillet, qui se déversent par le Grand Lit de Rivière et représentent 80 % de l'alimentation du plan d'eau ;



Carte 1. L'étang étudié et l'emplacement des substrats artificiels.

Map 1. The study pond and location of artificial substrates.

- les eaux de ruissellement de Trappes et de la plaine de Neauphle adjacente, qui se déversent dans le BI par le biais de deux conduits souterrains et correspondent à 10% de l'alimentation; elles passent ensuite dans les 3 BV avant de parvenir à l'étang ;

- les eaux drainées de terres agricoles et d'un golf, arrivant par la rigole du Petit Lit de Rivière qui se déverse à l'extrémité Nord-Est, et par les pentes naturelles pour un total de 10%.

Pour plus d'informations sur l'historique et les aménagements de l'étang, consulter PIGUET (2001).

2.2. Impacts anthropiques

L'étang de Saint-Quentin est particulièrement menacé par les apports du bassin-versant fortement urbanisé qui dégradent sa qualité et par une gestion non encore maîtrisée des volumes d'eau.

L'étang est ainsi impacté par :

- les eaux pluviales de zone urbaine;
- les eaux usées d'origine clandestine;
- les eaux chargées d'effluents agricoles (nitrates, azote ammoniacal, phosphore, produits phytosanitaires...) conduisant à son eutrophisation.

Il se produit en outre chaque année de nombreuses pollutions par hydrocarbures, qui arrivent par ruissellement dans les rigoles pour finir dans le BI ou parfois directement dans l'étang par le biais du Grand Lit de Rivière (GLR).

3. Matériel et Méthodes

3.1. Protocole

Un inventaire du macrobenthos a été effectué à chaque saison (à l'exclusion de l'automne, saison la moins propice à l'exploitation des cohortes) au moyen de substrats artificiels (KHALAF & TACHET 1977 et 1978, JOLIVET et al. 2001). Le matériel a été déterminé au niveau taxinomique le plus fin possible.

Des analyses physico-chimiques de l'eau ont complété cette approche biologique.

Les données obtenues ont été traitées en utilisant la méthode de la synécoparcimonie (MASSELOT et al. 1997 a et b, MASSELOT 2002). Celle-ci présente, entre autres, l'avantage de pouvoir exploiter les espèces dites «*rare*s», pourtant hautement significatives (CAO 1999, CAO et al. 1998). Les cénogrammes obtenus à partir des matrices de caractères (présence/absence de taxons) ont été confrontés dans la mesure du possible aux attributs biotiques et abiotiques, afin de déterminer un spectre représentatif de taxons.

3.2. Les substrats artificiels

Les substrats artificiels sont des instruments privilégiés pour l'étude du macrobenthos des eaux courantes pour lesquelles ils sont utilisés en routine en Amérique du Nord (COVER & HARREL 1978; HILSENHOFF 1969; MEIER et al. 1979; RABY et al. 1978; WISE & MOLLES 1979; ROSENBERG & RESH 1993). Un modèle de substrat artificiel «standard», de construction facile et rapide, reproductible à volonté, permet en effet de disposer d'une banque de données comparables entre elles d'un point de vue statistique.

Le travail de SCHMUDE et al. (1998) relatif aux effets de la complexité de l'habitat sur la colonisation de substrats artificiels par les macroinvertébrés dans des lacs du Nord des Etats-Unis, ainsi que la revue bibliographique de KHALAF & TACHET (1978) ont servi de base à la réalisation du type de substrat que nous avons utilisé. Ainsi, l'hétérogénéité, l'espace interstitiel et la complexité de la surface apparaissent comme des facteurs importants.

Deux types de substrats simulant les fractions minérale et organique ont été adoptés conjointement comme matériel de remplissage : pierres et corde. Des pierres de 4 à 10 cm donnent des résultats deux fois supérieurs (en terme d'abondance de macroinvertébrés) à des cailloux de 2,5 cm, la surface devant en être préférentiellement rugueuse (SCHMUDE et al. *ibid.*). La corde synthétique épaisse (0,5 cm de diamètre), par ses variations de tressage, facilite la fixation d'hôtes de tailles différentes. L'ensemble est enveloppé d'un grillage métallique plastifié à mailles carrées de 1 cm de côté. Chaque cage mesure 20 x 10 x 10 cm. Les pierres, occupant environ 1/3 de la hauteur de la cage, forment la couche du fond en contact direct avec le substrat naturel. Une corde, d'une longueur de 8 m, est insérée ensuite dans l'espace restant.

Les substrats sont placés, en binômes pour des raisons statistiques, sur les placettes (Tableau 1), un piquet en bois assurant la fixation de chaque substrat et facilitant son repérage. Les piquets de chaque couple sont espacés l'un de l'autre d'une soixantaine de centimètres. Un arceau en fil de fer fixé à chaque substrat en permet le coulissement le long du piquet jusqu'au fond. Les piquets ont été confectionnés à partir d'essences «neutres». Ainsi, l'emploi du châtaignier, connu pour son pouvoir entomofuge, a été évité.

Selon Khalaf & Tachet (1978) la durée d'immersion optimale est de 4 à 6 semaines. Ce temps relativement long est nécessaire à la fois pour le développement d'une couche biologique et pour permettre la colonisation par les espèces les moins mobiles (Gastéropodes et Trichoptères à fourreau). Le pas de temps maximum de 6 semaines a été utilisé de façon satisfaisante lors d'un précédent travail en région parisienne (JOLIVET et al. 2001).

La technique de retrait des substrats a été optimisée afin de minimiser la fuite d'organismes du-

Code	Localisation	Substrat dominant	Exposition	Végétation dominante	Profondeur (cm)
Bassin Intermédiaire					
BI 111	entrée, au niveau du pont	terre	calme	<i>Salix</i>	70
BI 112	roselière Sud-Est	vase + débris végétaux	abritée	<i>Typha</i>	20
BI 113	sortie, à gauche de la pompe	enrochement	ressac	<i>Salix</i>	40
Bassins de Végétation					
BV 121	entrée BV1	vase + débris végétaux	variable*	<i>Typha</i>	20
BV 122	sortie BV1	vase	variable*	communauté amphibie à <i>Scirpus</i>	20
BV 123	entrée BV2	argile	variable*	<i>Typha</i>	20
BV 124	sortie BV2	vase	calme	<i>Juncus</i>	30
BV 125	entrée BV3	vase	calme	<i>Typha</i>	40
BV 126	sortie BV3	vase + débris végétaux	vent	<i>Carex</i>	60
Réserve Naturelle					
R 131	arrivée du Grand Lit de Rivière	vase	vent	<i>Glycérie</i>	30
R 132	"Queue de l'étang" extrémité Sud-Est de la Réserve Naturelle	vase + débris végétaux	abritée	<i>Phragmites</i>	40
R 133	rive Nord	vase + débris végétaux	variable**	<i>Baldingère</i>	20
R 134	rive Nord	vase + débris végétaux	variable**	<i>Scirpus</i>	30
R 135	rive Nord	vase + débris végétaux	variable**	<i>Typha</i>	40
Hors Réserve					
HR 141	Est de la "Queue de l'étang"	vase	vent	eau libre, algues	30
HR 142	anse des Canardières	vase	abritée	<i>Juncus</i>	50
HR 143	anse entre Les Pontons et la surverse	limon	abritée	<i>Juncus</i>	80
HR 144	surverse	vase	vent	<i>Typha</i>	20
HR 145	arrivée du Petit Lit de Rivière	graviers	ressac	0	80
HR 146	"berge pêche"	graviers	ressac	<i>Scirpus</i>	30
HR 147	limite "Voile/Pêche"	graviers	ressac	<i>Juncus</i>	40

Tableau 1. Les placettes d'échantillonnage. * : variations interannuelles très importantes du remplissage par pompe et de l'assèchement du BV1 et du début du BV2. ** : fort ressac en hiver ; assèchement possible en été.

Table 1. Location of artificial substrates. * : very important interannual variations in water supply and possible drying in Summer of BV1 and upper part of BV2. ** : strong undertow in Winter; possible drying in Summer.

rant cette opération, principal inconvénient de l'utilisation de ce type d'appareil (CAIRNS 1982) : un troubleau placé sur le fond suit le relevage du substrat. Les organismes fuyant de façon active ou passive sont ainsi récupérés par le filet. Le tri est effectué au laboratoire sur un tamis de vide de maille de 250 µm. Le matériel est fixé en alcool à 70 %.

3.3. Les placettes

Le secteur retenu se situe dans la zone littorale, à une profondeur comprise entre 20 et 90 cm, reconnue pour abriter la plus grande diversité d'invertébrés (MERRITT & CUMMINS, 1996). L'implantation des placettes (Tableau 1) a été déterminée de façon à échantillonner le maximum de micro-milieux. Il a donc été tenu compte de la nature du substrat, de la végétation environnante, de l'exposition ou non au clapot et du cheminement de l'eau (arrivées et sorties, BI, BV, étang).

3.4. Difficultés rencontrées

Certaines placettes ont du être abandonnées en cours d'étude car inexploitable, en raison d'un emplacement soumis à une trop grande instabilité du niveau de l'eau (BI112, BV121, BV122, R133) ou exposé au vandalisme (HR146).

3.5. Analyses physico-chimiques

Elles ont porté sur les paramètres suivants (Tableau 2A et B) : température, conductivité, pH, potentiel Redox, oxygène dissous, demande chimique en oxygène (DCO), azote (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), phosphate (PO_4^{3-}), chlorure (Cl^-) et dureté.

Les analyses d'eau ont été effectuées en juin 2001, mars et juillet 2002. Le matériel utilisé se compose d'un analyseur portatif multiparamètres MultiLine P4 (F/SET-3) pour température, pH, conductivité, salinité et oxygène, et d'un photomètre Dr. Lange LASA50 pour les ions, complété par un thermobloc 100/148°C UW3002 pour les mesures nécessitant une réaction à chaud (DCO, Phosphates).

A

Étang de St Quentin-en-Yvelines		02 juin 2001							
PARAMETRES ANALYSES	Plaquettes :	R 131	BI 111	BV 121	BV 126	HR 145	HR 147	HR 144	
Température eau	°C	17,4	17,9	20,2	19,0	19,9	20,7	20,4	
pH	pH	7,35	7,30	8,14	7,20	7,60	9,00	9,14	
Turbidité	FTU	31,0	16,6	6,5	6,5	12,5	69,0	13,3	
Conductivité	µS/cm	-	-	409	368	-	-	-	
Nitrate (NO_3^-)	mg/L	1,24	0,50	0,56	0,32	0,26	0,86	0,56	
Nitrite (NO_2^-)	mg/L	0,13	0,14	0	0	0	0,23	0	
Ammonium (NH_4^+)	mg/L	4,50	0,86	0,19	0,04	1,08	0,08	0,22	
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/L	0,51	0,27	0,19	0,33	0,03	0,08	0,06	

- : mesure non effectuée pour raison technique

B

Étang de St Quentin-en-Yvelines		11 mars 2002									18 juillet 2002									
ELEMENTS ANALYSES	Plaquettes :	R 131	BI 111	BI 113	BV 122	BV 124	BV 126	HR 145	HR 147	HR 144	R 131	BI 111	BI 113	BV 122	BV 124	BV 126	HR 145	HR 147	HR 144	
Présence d'hydrocarbures	oui/non	o	n	n	n	n	n	n	n	n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Présence de détergents	oui/non	o	n	n	n	n	n	n	o	n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Présence de macrodéchets	oui/non	o	n	n	n	n	n	n	n	n	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Température eau	°C	-	-	-	-	-	-	8,7	9,3	8,0	21,5	20,6	20,8	22,4	20,9	20,5	20,4	20,5	19,4	
pH	pH	-	-	-	-	-	-	8,40	8,06	8,28	7,55	8,83	8,73	9,57	8,17	7,58	8,73	8,92	8,33	
Conductivité	µS/cm	704	402	378	390	388	379	366	366	363	624	360	325	286	321	341	339	337	345	
O ₂ dissous (concentration)	mg/L	-	-	-	-	-	-	12,20	12,65	10,95	5,06	11,79	11,43	13,90	9,23	7,44	9,02	10,67	6,33	
O ₂ dissous (saturation)	%	-	-	-	-	-	-	105	112	94	59	133	130	176	105	85	102	121	70	
Chlorure (Cl^-)	mg/L	74,8	40,6	37,9	35,9	35,7	37,2	44,9	44,2	45,6	90,4	31,3	27,2	32,7	31,2	29,8	43,6	45,5	45,4	
DCO	mg/L	19,8	22,1	21,2	18,8	20,0	18,5	18,8	19,5	18,4	34,0	35,4	22,6	53,4	34,7	33,9	28,0	32,1	35,3	
Dureté	°dH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,77	8,18	6,59	5,31	6,50	7,11	5,22	4,08	6,07	
Ca ²⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,3	51,7	42,3	34,1	38,0	44,1	34,1	27,3	40,0	
Mg ²⁺	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	4,02	2,86	2,27	5,03	4,00	1,87	1,07	1,99	
Nitrate (NO_3^-)	mg/L	5,98	3,79	3,31	0,34	1,33	0,74	<	<	0,16	0,97	0,86	0,68	1,43	1,21	1,26	0,41	0,22	0,45	
Nitrite (NO_2^-)	mg/L	0,17	0,10	0,09	0,02	0,05	<	0,01	0,02	0,03	0,14	0,10	0,06	0,03	0,15	0,12	0,05	0,11	0,06	
Ammonium (NH_4^+)	mg/L	0,78	0,15	0,04	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,09	>2,50	0,13	0,12	0,05	0,25	0,12	0,06	0,06	0,07	
Phosphate (PO_4^{3-})	mg/L	0,82	0,37	0,42	0,23	0,28	0,17	0,19	0,23	0,20	2,82	0,88	0,87	0,52	1,16	1,02	0,41	0,53	0,46	

< : valeur inférieure au seuil de sensibilité de l'appareil

- : mesure non effectuée pour raison technique

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques de l'étang de Saint-Quentin-en-Yvelines. A : année 2001. B : année 2002.

Table 2. Physico-chemical parameters of the Saint-Quentin-en-Yvelines pond. A : year 2001. B : year 2002.

4. Résultats

4.1. Le peuplement d'invertébrés benthiques

La liste faunistique suivante rend compte de la totalité de la diversité taxonomique, toutes dates et placettes confondues.

Planaires Gen. sp.

Oligochètes : Lumbricidae, Lumbriculidae, Proppapidae et Tubificidae.

Achètes : *Batracobdella paludosa*, *Boreobdella verrucata*, *Erbobdella* sp., *Glossiphonia* sp., *Haementeria costata*, *Helobdella stagnalis*, *Hemiclepsis marginata*, *Piscicola geometra* et *Theromyzon tessulatum*.

Mollusques Bivalves : *Pisidium* sp.

Mollusques Gastéropodes : *Acroloxus* sp., *Bythiospeum* sp., *Galba* sp., *Gyraulus* sp., *Hippeutis comptanatus*, *Lymnaea* sp., *Physa* sp., *Planorbis* sp., *Potamopyrgus antipodarum*, *Radix* sp. et *Segmentina nitida*.

Arthropodes :

Hydracariens : *Pirata* sp.

Crustacés : Conchostracés, *Asellus aquaticus* et *Orconectes limosus*.

Ephéméroptères : *Caenis horaria*, *C. robusta* et *Cloeon dipterum*.

Odonates : *Chalcolestes viridis*, *Sympetma fusca*, Coenagrionidae, *Cordulia aenea*, *Aeshna affinis*, *A. mixta*, *Aeshna* sp., *Anax imperator*, *Orthetrum cancellatum*, *Libellula depressa*, *L. quadrimaculata*, *Crocothemis erythraea*, *Sympetrum sanguineum* et *Sympetrum* sp.

Hétéroptères : *Corixa* sp., *Gerris* sp., *Mesovelina* sp., *Micronecta* sp., *Naucoris maculatus*, *Nepa cinerea*, *Plea leachi* et *Sigara* sp.

Lépidoptères : Crambidae.

Mégaloptères : *Sialis lutaria*.

Coléoptères : *Acilius* sp., *Berosus* sp., *Coelambus* sp., *Cymbiodyta* sp., *Dryops* sp., *Enochrus* sp., *Graphoderus* sp., *Haliphus* sp., *Helochaeres* sp., *Hydrobius* sp., *Hydroporus* sp., *Laccobius* sp., *Nocterus* sp., *Paracynus* sp., *Peltodytes* sp. et *Rhantus* sp.

Trichoptères : *Agraylea sexmaculata*, *Agrypnia pagetana*, *A. picta*, *A. varia*, *Ecnomus tenellus*, *Glyphotaelius pellucidus*, *Holocentropus dubius*, *H. picicornis*, *H. stagnalis*, *Leptoceris tineiformis*, *Limnephilus flavicornis*, *L. lunatus*, *L. rhombicus*, *Mystacides azurea*, *M. longicornis*, *Oecetis furva*, *O. lacustris*, *O. ochracea*, *Orthotrichia* sp. et *Tinodes waeneri*.

Diptères : Anthomyiidae, Ceratopogoninae, *Chaoborus* sp., Chironomidae, Chironomini, *Chironomus plumosus*, Dolichopodidae, Empididae Clinocerinae, Ephydriidae, Limoniidae Eriopterinae, Limoniidae Hexatominae, Orthocladiinae, Psychodidae, Ptychopteridae, Scatophagidae, Syrphidae, Tabanidae, Tanypodinae, Tanytarsini et Tipulidae.

Groupes taxonomiques retenus pour l'analyse (Tableaux 3 et 4)

La totalité des taxons a été analysée pour l'année 2001, soit 1194 données partagées par 108 taxons regroupant 22492 individus. Pour la campagne 2002, seuls les Ephéméroptères, les Odonates, les Trichoptères et les Diptères (ETDO) ont été retenus, soit 677 données partagées par 49 taxons regroupant 11440 individus (Tableau 4). En effet, LENAT (1988) a montré qu'il existait une forte corrélation ($r^2 = 0.85$) entre les seuls Ephémères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) et le Water Quality Index (physico-chimie seule). Cet auteur a aussi démontré que les seuls EPT sont for-

2001

	EPHEM.			TRICHOPTERES																			
	<i>Caenis horaria</i>	<i>Caenis robusta</i>	<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Agrypnia picta</i>	<i>Agrypnia</i> sp.	<i>Brachycentrus</i> sp.	<i>Enomus tenellus</i>	<i>Holocentropus dubius</i>	<i>Holocentropus picicornis</i>	<i>Holocentropus stagnalis</i>	<i>Holocentropus</i> sp.	<i>Leptocerus tineiformis</i>	<i>Limnephilus flavicornis</i>	<i>Limnephilus</i> sp.	<i>Mystacides longicornis</i>	<i>Mystacides</i> sp.	<i>Oecetis furva</i>	<i>Oecetis lacustris</i>	<i>Oecetis ochracea</i>	<i>Oecetis</i> sp.	<i>Orthotrichia</i> sp.	<i>Tinodes waeneri</i>	
BI11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BI13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
BV123	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV124	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
BV125	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
BV126	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0
HR141	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
HR142	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0
HR143	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
HR144	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
HR145	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0
HR147	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
R131	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R132	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
R134	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
R135	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0

	DIPTERES															ODONATES A					ODON. Z							
	Ceratopogoninae	<i>Chaoborus</i> sp.	<i>Chironomus plumosus</i>	autres Chironomini	autres Chironomidae	Ephydriidae	Orthocladinae	Psychodidae	Scatophagidae	Syrphidae	Tabanidae	Tanypodinae	Tanyarsini	Tipulidae	<i>Aeshna affinis</i>	<i>Aeshna mixta</i>	<i>Anax imperator</i>	<i>Cordulia aenea</i>	<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Orithrum cancellatum</i>	<i>Sympetrum sanguineum</i>	<i>Sympetrum</i> sp.	<i>Chalcolestes viridis</i>	Coenagrionidae	<i>Sympecma fusca</i>		
BI11	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
BI13	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
BV123	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BV124	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	
BV125	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
BV126	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
HR141	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
HR142	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	
HR143	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
HR144	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
HR145	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
HR147	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
R131	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
R132	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R134	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R135	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Tableau 3. Matrice ETDO, année 2001, données d'hiver, printemps et été cumulées.

Table 3. ETDO matrix, year 2001, Winter, Spring and Summer data cumulated.

2002

	EPHEM.	TRICHOPTERES																					
	<i>Caenis horaria</i>	<i>Caenis robusta</i>	<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Agryptea sexmaculata</i>	<i>Agryptea pegerana</i>	<i>Agryptea picta</i>	<i>Agryptea varia</i>	<i>Enomus tenellus</i>	<i>Glyptotethus pellucidus</i>	<i>Holocentropus picicornis</i>	<i>Holocentropus stagnalis</i>	<i>Leptocerus tineiformis</i>	<i>Limnephilus flavicornis</i>	<i>Limnephilus lunatus</i>	<i>Limnephilus rhombicus</i>	autres Limnephiliidae	<i>Mystacides azurea</i>	<i>Mystacides longicornis</i>	<i>Oecetis furva</i>	<i>Oecetis lacustris</i>	<i>Oecetis ochracea</i>	<i>Orthotrichia</i> sp.	<i>Trichodes waeneri</i>
BI111	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
BI113	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
BV123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV124	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	
BV125	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0
BV126	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
HR141	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0
HR142	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0
HR143	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0
HR144	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
HR145	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
HR147	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
R131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
R132	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
R134	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
R135	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0

	DIPTERES										ODONATES A							ODON. Z						
	Anthomyiidae	<i>Atrichops crassipes</i>	Ceratopogoninae	Chironomii	Dolichopodidae	Empididae Clinocerinae	Limoniidae Eriopterinae	Limoniidae Hexatominiae	Psychodidae	Psychopteridae	Tabanidae	Tanytopodinae	Tipulidae	<i>Aeshna affinis</i>	<i>Aeshna mixta</i>	<i>Aeshna</i> sp.	<i>Anax imperator</i>	<i>Cordulia aenea</i>	<i>Crocothemis erythraea</i>	<i>Libellula quadrimaculata</i>	<i>Sympetrum</i> sp.	<i>Chalcolestes viridis</i>	Coenagrionidae	<i>Sympetma fusca</i>
BI111	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BI113	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BV123	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV124	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BV125	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
BV126	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
HR141	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
HR142	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
HR143	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
HR144	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
HR145	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
HR147	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R131	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R132	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R134	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
R135	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0

Tableau 4. Matrice ETDO, année 2002, données d'hiver, printemps et été cumulées.

Table 4. ETDO matrix, year 2002, Winter, Spring and Summer data cumulated.

tement corrélés ($r^2 = 0.84$) avec l'ensemble des taxons présents en une station étudiée. Nous avons recherché dans les matrices obtenues pour réaliser ce travail, les ordres d'insectes susceptibles de donner une bonne physionomie globale de la zoocœnose. Après avoir testé ordre par ordre, et en excluant les taxons pour lesquels soit le caractère strictement benthique soit l'autochtonie peuvent ne pas être assurés, quatre ordres ont été retenus : Epheméroptères, Trichoptères, Diptères et Odonates. Le coefficient de corrélation ($r^2 = 0.69$) entre ces quatre ordres et l'ensemble des taxons présents (Fig. 1) suggère ce choix. Ces quatre ordres recouvrent en outre tous les groupes trophiques.

A titre comparatif, les données ETDO de 2001 représentaient 554 données partagées par 48 taxons regroupant 6319 individus (Tableau 3).

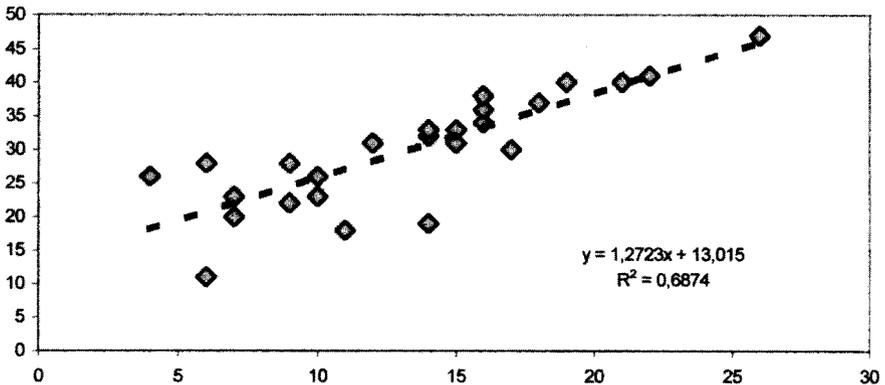


Fig. 1. Corrélation entre le nombre total de taxons présents (en ordonnées) à chaque station et le nombre d'ETDO (en abscisses).

Fig. 1. Correlation between the total number of taxa present (y-axis) at each site and the number of ETDO (x-axis).

4.2. Les paramètres physico-chimiques

Les points d'analyse correspondent aux stations d'échantillonnage de benthos, avec le même codage.

Les mesures sont regroupées dans le tableau 2.

a) la température

Sauf ponctuellement, la profondeur maximale de l'étang n'excède pas 2,5 m et il n'y a pas de thermocline. L'amplitude annuelle est supérieure à 15°C.

b) le pH

Il présente des valeurs estivales supérieures à 9 en certains points (BV122, HR 144, HR147), ce qui correspond à une forte incidence écologique selon GAUJOUS (1993). Plusieurs autres stations atteignent des valeurs proches de 9.

c) la conductivité

En moyenne de 350 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, elle atteint toutefois des valeurs très élevées à la station R131.

d) l'oxygène dissous

HYNES (1960) estime préférable de considérer le taux d'oxygène dissous (en mg/L) au pourcentage de saturation. MACAN (1981) souligne la difficulté d'évaluer avec précision la signification écologique de ce paramètre, en raison de ses variations nyctémérales dues à la photosynthèse. Si les valeurs instantanées relevées en juillet 2002 sont relativement homogènes et supérieures à la saturation, la zone d'arrivée du GLR (R131) se distingue par une valeur de 59 % seulement.

e) le cycle de l'azote

L'ammonium (NH_4^+) peut avoir des origines naturelles (eau de pluie, décomposition des déchets azotés) mais aussi agricoles et industrielles. Dans le système français de qualité des eaux, tous nos relevés se situent dans la classe 1 (bonne) ; seule la station 3 (mauvaise) correspond à la classe 3 (mauvaise).

Les nitrites (NO_2^-) ne présentent pas de situation alarmante, bien que les valeurs relevées à plusieurs stations, en particulier HR147, ne soient pas négligeables (> 0.1 mg/L).

Les nitrates (NO_3^-) : on note des valeurs comparativement élevées en mars 2002 pour le BI. En juillet 2002, les BV présentent les valeurs les plus importantes.

f) les phosphates peuvent avoir une double origine : naturelle (phosphates calciques) ou anthropique (détergents, engrais, industries, contamination fécale...). Comme précédemment, le point R131 montre une concentration de 2 à 4 fois plus élevée en PO_4^{3-} que le reste de l'étang. Il est aussi à noter que le BI et les BV présentent des valeurs supérieures au reste de l'étang.

En conclusion, ce bilan met en évidence une nette pollution à l'arrivée d'eau principale (R131 : arrivée du GLR), ainsi qu'une pollution plus diffuse au niveau du BI. A l'avenir, des analyses bactériologiques paraissent s'imposer, ainsi qu'une étude des sédiments.

4.3. La synécoparcimonie

Elle a été utilisée pour le traitement des données.

Des regroupements de placettes selon les groupes représentatifs du profil hydrologique de la pièce d'eau ont permis de dégager cinq ensembles :

- l'arrivée d'eau principale par le Grand Lit de Rivière, codée GLR et correspondant au point d'échantillonnage R131 ;
- la deuxième arrivée d'eau par le bassin intermédiaire (BI), correspondant aux points d'échantillonnage BI111 et BI113 ;
- les bassins de lagunage naturel (BV), correspondant aux points BV123 à 126 ;
- la rive Nord de l'étang (RN), située face au vent dominant et correspondant aux points d'échantillonnage R134, R135, HR145 et HR147 ;
- la rive Sud de l'étang (RS), plus calme, correspondant aux points R132 et HR141 à 144.

Comme il s'agit d'évaluer une colonisation de substrats initialement vierges, un groupe externe vide hypothétique a été retenu afin de polariser la matrice.

Deux matrices ETDO (Tableaux 3 et 4) ont été construites sur la seule présence - absence des taxons, l'une pour l'année 2001 (cumulant les données hiver - printemps - été) et l'autre, de la même façon, pour l'année 2002, cela sans pondération (0 = absence ; 1 = présence). Le logiciel de traitement Hennig 86 a été utilisé en excluant toute hypothèse *ad hoc* : caractères non ordonnés, traitement exhaustif (*i e* pour «*implicit enumeration*»), et au besoin consensus strict de Nelson (émergence de plusieurs arbres également parcimonieux).

Une deuxième étape a consisté en des comparaisons inter-annuelles. Quelques attributs physico-chimiques ont aussi été testés pour mettre en évidence une éventuelle congruence avec la présence / absence de taxons significatifs.

5. Discussion

a) En traitant l'ensemble des données pour l'année 2001, toutes saisons confondues, et selon les regroupements de placettes précités, un seul arbre parcimonieux se dégage avec un indice de cohérence élevé et un indice de rétention > 0.5 (IR = 0.69) montrant un minimum d'homoplasies (Fig. 2A).

Nous avons recherché les taxons qui soutenaient les groupes monocénétiques, ceux-ci apparaissant comme un gradient imbriqué suggérant une forme de continuum sur le site étudié. Le Tableau 5A indique les taxons significatifs.

Le test des attributs sur les biocénogrammes des sites montre que l'arbre 2001 retient la congruence (Fig. 2B) avec l'un des paramètres physico-chimiques : la concentration en ammonium (NH_4^+). Le code «2» est affecté aux stations où la concentration en NH_4^+ est > 1 mg/L, «1» aux stations où elle est comprise entre 0,5 et 1 mg/L, et «0» pour les autres.

Cet arbre révèle l'importance des taxons ABSENTS exclusifs des stations GLR (R131) et BI, c'est-à-dire : *Caenis robusta*, *Agrypnia picta*, *Limnephilus flavicornis* et *Oecetis ochracea*.

On retiendra également comme taxons de sensibilité probablement moins importante aux concentrations en NO_3^- et PO_4^{3-} , ceux exclusivement absents de GLR et présents partout ailleurs, soit *Holocentropus stagnalis*, *Mystacides longicornis*, *Oecetis furva* et *O. lacustris*.

L'ensemble de ces 8 espèces apparaît comme un premier spectre (sensu SCHMIDT 1985) susceptible d'aider le gestionnaire en routine. Mais plusieurs paramètres physico-chimiques devaient être traités.

b) Pour l'année 2002, le même constat s'impose sur un unique arbre parcimonieux (Fig. 2C) ; sont significatifs de l'ensemble des stations sauf GLR et BI (Tableau 5B) : les *Ceratopogoninae*, *Caenis horaria*, *Cloeon dipterum*, *Agrypnia picta*, *Holocentropus stagnalis*, *Leptocerus tineiformis* et *Mystacides azurea*. Apparaissent plus tolérants puisque présents en BI : *Caenis robusta*, *Agraylea sexmaculata*, *Ecnomus tenellus*, *Oecetis furva* et *O. ochracea*.

Année 2001					
Taxons	GLR	BI	BV	RS	RN
Orthocladiinae					
<i>Caenis horaria</i>					
<i>Caenis robusta</i>					
<i>Anax imperator</i>					
<i>Chalcolestes viridis</i>					
<i>Agrypnia picta</i>					
<i>Ecnomus tenellus</i>					
<i>Holocentropus stagnalis</i>					
<i>Limnephilus flavicornis</i>					
<i>Limnephilus</i> sp.					
<i>Mystacides longicornis</i>					
<i>Oecetis furva</i>					
<i>Oecetis lacustris</i>					
<i>Oecetis ochracea</i>					

A

Année 2002					
Taxons	GLR	BI	BV	RS	RN
Anthomyiidae					
Ceratopogoninae					
<i>Caenis horaria</i>					
<i>Caenis robusta</i>					
<i>Cloeon dipterum</i>					
<i>Agraylea sexmaculata</i>					
<i>Agrypnia pagetana</i>					
<i>Agrypnia picta</i>					
<i>Ecnomus tenellus</i>					
<i>Holocentropus picicornis</i>					
<i>Holocentropus stagnalis</i>					
<i>Leptocerus tineiformis</i>					
<i>Mystacides azurea</i>					
<i>Oecetis furva</i>					
<i>Oecetis ochracea</i>					

B

Tableau 5. Taxons significatifs au sens des arbres parcimonieux, données d'hiver, printemps et été cumulées. A : année 2001. B : année 2002.

Table 5. Significant taxa according to the parsimonious trees, Winter, Spring and Summer data cumulated. A: year 2001. B : year 2002.

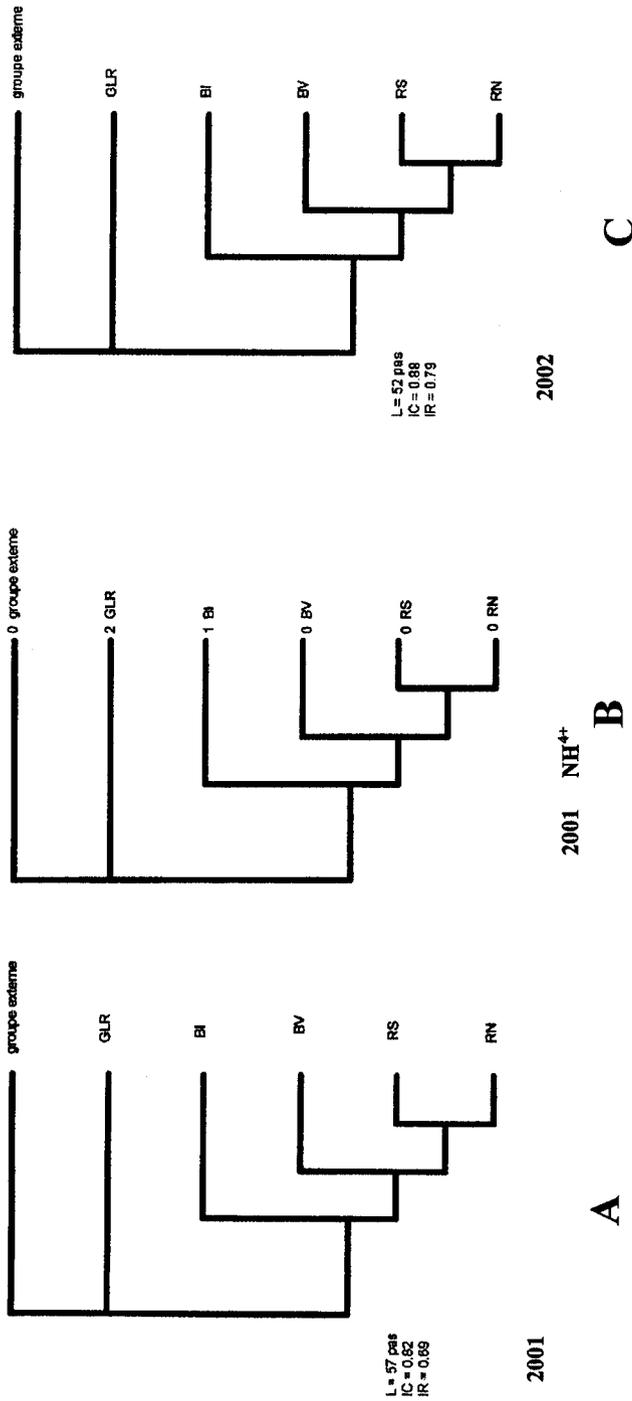


Fig. 2. A : l'unique arbre parcimonieux pour 2001, données d'hiver, printemps et été cumulées [L = 57 pas ; IC = 0,82 ; IR = 0,69]. B : test de l'attribut ammonium sur cet arbre. C : l'unique arbre parcimonieux pour 2002, données d'hiver, printemps et été cumulées [L = 52 pas ; IC = 0,88 ; IR = 0,79].

Fig. 2. A : the single parsimonious tree for 2001, Winter, Spring and Summer data cumulated [L = 57; IC = 0,82 ; IR = 0,69]. B : test of the ammonium attribute on this tree. C : the single parsimonious tree for 2002, Winter, Spring and Summer data cumulated [L = 52; IC = 0,88 ; IR = 0,79].

Ordres	Espèces	Valence saprobique	Affinité saprobique
Ephémères	<i>Caenis horaria</i>	2,2	β-mésosaprobe
Ephémères	<i>Caenis robusta</i>	2,2	β-mésosaprobe
Trichoptères	<i>Agrypnia picta</i>	nc*	nc*
Trichoptères	<i>Oecetis ochracea</i>	2,4	β-mésosaprobe
Trichoptères	<i>Holocentropus stagnalis</i>	2,5	αβ-mésosaprobe
Trichoptères	<i>Oecetis furva</i>	2,5	αβ-mésosaprobe
Trichoptères	<i>Ecnomus tenellus</i>	2,7	α-mésosaprobe

nc* : valence non connue

Tableau 6. Taxons significatifs : approche saprobique.

Table 6. Significant taxa : saprobic approach.

GLR subit (18/07/02) la concentration en NH_4^+ la plus élevée de toutes les stations ($> 2,5$ mg/L), des chlorures atteignant deux fois la concentration la plus forte du reste des stations (90,4 mg/L), $\text{PO}_4^{3-} = 2,82$ mg/L (soit $\text{PO}_4\text{-P} = 0,92$ mg/L). Bien qu'instantanées, toutes ces valeurs montrent une importante pollution sur la principale alimentation en eau de l'étang.

c) Lorsqu'on examine les taxons significatifs à la fois pour 2001 et pour 2002, seules 7 espèces apparaissent pertinentes (Tableau 6, avec adjonction de la valence et des affinités saprobiques *sensu* MOOG 1995).

Les indices de saprobie concernent la sensibilité des espèces aux pollutions exclusivement organiques. Ils sont basés sur la relation qu'a une espèce avec un niveau de saprobie. Cela traduit donc la capacité d'un organisme à supporter ou non une pollution organique. Les deux niveaux saprobiques représentés sont caractérisés comme suit :

β-mésosaprobe (pollution modérée) : faible charge organique, nombreuses espèces et assez bonne stabilité, nombreux producteurs et consommateurs, peu de décomposeurs ;

α-mésosaprobe (pollution importante) : forte pollution organique, nombreux micro-organismes, majorité de décomposeurs, quelques producteurs et consommateurs.

Le groupe de taxons significatifs est représentatif de 3 paliers de pollution organique : de la pollution modérée (β-mésosaprobe) à la pollution importante (α-mésosaprobe), en passant par un niveau intermédiaire (αβ-mésosaprobe).

Le niveau β-mésosaprobe est acceptable et peut être assimilé à un niveau normal pour l'étang, si l'on se place du point de vue de son évolution naturelle. Par contre, le niveau α-mésosaprobe n'est pas acceptable et peut présenter des risques pour la santé publique.

La mise en évidence de ces trois niveaux conduit à penser que l'étang dans sa globalité se trouve au niveau intermédiaire (αβ-mésosaprobe) avec des zones correctes et des zones très impactées. Ce niveau n'est pas satisfaisant, tant pour la préservation du milieu naturel que pour les usages de loisirs.

La présente collection de référence permettra un suivi de l'évolution temporelle de l'étang. Cette liste provisoire d'espèces significatives devrait induire certains travaux d'écotoxicologie. Cette première approche évaluée à moindre coût, au travers d'un spectre limité de taxons significatifs, la qualité des milieux stagnants. Des travaux seront poursuivis sur d'autres plans d'eau dans le but d'affiner la méthode, pour proposer un protocole concret d'évaluation, basé sur des outils de dé-

terminations facilement utilisables par les organismes en charge du suivi qualitatif des plans d'eau. Les activités humaines multiplient le nombre de tels milieux qui requièrent une surveillance sanitaire.

Il va de soi que cette méthode n'exclut pas l'utilisation d'autres déjà normées ou en cours de normalisation (par exemple l'IOBS, initié par LAFONT 1989, et LAFONT et al. 1996, 2000).

Remerciements

Nous exprimons notre vive gratitude aux personnes qui ont permis la réalisation de ce travail au cours de ces deux années, Monsieur Alain Morand, directeur de la Réserve, l'Office pour les Insectes et leur environnement (OPIE) pour l'aide apportée, ainsi que l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et le Conseil Général dont le financement a permis l'acquisition du matériel de mesures physico-chimiques.

Travaux cités

- CAIRNS, J. Jr (ed). 1982. *Artificial substrates*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, 279 pp.
- CAO, Y. 1999. Rare species are important in bioassessment (Reply to the comment by Marchant). *Limnology and Oceanography*, **44** (7) : 1841-1842.
- CAO, Y., D.D.WILLIAMS & N.E. WILLIAMS. 1998. How important are rare species in aquatic community ecology and bioassessment? *Limnology and Oceanography*, **43** (7) : 1403-1409.
- COVER, E.C. & R.C. HARREL. 1978. Sequences of colonization, diversity, biomass, and productivity of macroinvertebrates on artificial substrates in a freshwater canal. *Hydrobiologia*, **59** (1) : 81-95.
- GAUJOUS, D. 1993. *La pollution des milieux aquatiques* : aide-mémoire. Tec. & Doc., Lavoisier. 212 pp.
- GROLLEAU, G. 2001. La réserve naturelle de l'étang de St-Quentin-en-Yvelines : historique. *Bulletin des Naturalistes des Yvelines*, série 5, **28** : 17-20.
- HILSENHOFF, W.L. 1969. An artificial substrate device for sampling benthic stream invertebrates. *Limnology and Oceanography*, **14** : 465-471.
- HYNES, H.B.N. 1960. *The biology of polluted waters*. Liverpool University Press. 202 pp.
- 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** : 169-190.
- KHALAF, G. & H. TACHET. 1978. Un problème d'actualité : revue de travaux en matière d'utilisation des substrats artificiels pour l'échantillonnage des macroinvertébrés des eaux courantes. *Bulletin d'Ecologie*, **9** (1) : 29-38.
- LAFONT, M. 1989. *Contribution à la gestion des eaux continentales : utilisation des oligochètes comme descripteurs de l'état biologique et du degré de pollution des eaux et des sédiments*. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Lyon I. 311p.
- LAFONT, M., S. BERNOUD & A. ROSSO-DARMET. 2000. *Bilan sur les indices oligochètes (IOBS et % de Tubificidae sans soies capillaires)*. Elaboration d'un guide méthodologique. Inter-Agences de l'Eau/Cemagref Lyon/Burgeap Lyon. 21pp + annexes.
- LAFONT, M., J.C. CAMUS & A. ROSSO. 1996. Superficial and hyporheic oligochaete communities as indicators of pollution and water exchange in the River Moselle, France. In K.A. Coates, Tr. B. Reynoldson & Th. B. Reynoldson (eds) *Aquatic Oligochaete Biology VI, Hydrobiologia*, **334** : 147-155.
- LENAT, D.R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, **7** (3) : 222-233.
- MACAN, T.T. 1981. Modifications of populations of aquatic invertebrates and the quality of the water. Pp. 161-192 in Hoestlandt (ed.) *Dynamique de populations et qualité de l'eau*. 275 pp, Gauthier-Villars, Paris.
- MASSELOT, G. 2002. *La synécoparcimonie : un outil d'évaluation biologique de la qualité des eaux courantes. Théorie et applications*. Thèse de Doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle (spécialité: Entomologie), Paris. 417 pp.

- MASSELOT, G., A. NEL & A. THOMAS. 1997a. *Cladistics and freshwater biomonitoring*. 45th Annual meeting of the North American Benthological Society, San Marcos, Texas. Abstract n°291 in *Bulletin of the North American Benthological Society*, **14** (1) : 154.
- MASSELOT, G., A. NEL, A. THOMAS & J. NEL. 1997b. Parcimonie de Wagner et biomonitoring de cours d'eau: application au bassin de la Risle (Normandie, France). *Annales de la Société entomologique de France*, **33** : 237-258.
- MEIER, P.G., D.L. PENROSE & L. POLAK. 1979. The rate of colonization by macro-invertebrates on artificial substrate samplers. *Freshwater Biology*, **9** : 381-392.
- MERRITT, R.W. & K.W. CUMMINS (eds). 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*, 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa, 862 pp.
- MOOG, O. (Ed.). 1995. Katalog zur autökologischen Einstufung aquatischer Organismen. *Fauna Aquatica Austriaca*. BMLF.
- MORAND, A. 2001. Plan de gestion 2002-2006 de la réserve naturelle de Saint-Quentin-en-Yvelines. Document abrégé. *Syndicat Mixte de la Base de Loisirs de Saint-Quentin en Yvelines*. Non paginé.
- PIGUET, J. 2001. Histoire d'eau. *Bulletin des Naturalistes des Yvelines*, série 5, **28** : 21-29.
- RABY, K.B., J.D. NEWBOLD & D.C. ERMAN. 1978. Effectiveness of an artificial substrate for sampling macroinvertebrates in small streams. *Freshwater Biology*, **8** : 1-8.
- ROSENBERG, D.M. & V.H. RESH (eds). 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. 488 pp. Chapman and Hall, New York.
- SCHMIDT, E. 1985. Habitat inventarization, characterization, and bioindication by a «Representative Spectrum of Odonata Species (RSO)». *Odonatologica*, **14** (2) : 127-133.
- SCHMUDE, K.L., M.J. JENNINGS, K.J. OTIS & R. PIETTE. 1998. Effects of habitat complexity on macroinvertebrate colonization of artificial substrates in north temperate lakes. *Journal of the North American Benthological Society*, **17** (1) : 73-80.
- VERNEAUX, J., V. VERNEAUX & A. GUYARD. 1993a. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. I. Variété et densité de la faune. *Annales de Limnologie*, **29** (1) : 59-77.
- VERNEAUX, J., V. VERNEAUX & A. GUYARD. 1993b. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. II. Nature de la faune. *Annales de Limnologie*, **29** (3-4) : 383-393.
- VERNEAUX, V. & J. VERNEAUX. 2002. Assessing lake functioning using the macrobenthic community with special reference to Chironomidae (Diptera). A subalpine lake (Lake Annecy) as an example. *Archiv für Hydrobiologie*, **154** (1) : 61-78.
- WISE, D. H. & M.C. MOLLES Jr. 1979. Colonization of artificial substrates by stream insects : influence of substrate size and diversity. *Hydrobiologia*, **65** : 69-74.