

**ÉTUDE HYDROBIOLOGIQUE DES EAUX DU TURON
(COMMUNE DE THEUX,
PROVINCE DE LIÈGE, BELGIQUE)**

par

Ruddy CORS (*), Michel DETHIER (), et Jean FAGOT (***)**

Résumé

Trois approches de la macrofaune benthique des eaux du Turon (indices biotiques, indice de similitude et méthode par traits et modes) ont permis de bien distinguer les différents types de stations étudiées. Elles ont également permis de mettre en évidence les impacts de l'étiage et des pollutions sur les biocénoses.

Summary

The benthic macrofauna of the river Turon has been studied by means of three different methods (biotic index, similarity index and "traits and modes"). These methods have allowed us not only to class the studied stations into several different types, but also to reveal the impacts of low water and pollutions on the biological associations.

Introduction

Le ruisseau du Turon est formé par un chevelu complexe de ruisselets provenant de sources et/ou de résurgences, situés pour la plupart à l'ouest du village de La Reid. Ce travail a pour objet l'étude de la qualité, essen-

(*) Ruddy CORS : Rue Grand Piersoulx, 3, B-6041 Gosselies, Belgique.

(**) Michel DETHIER : Zoologie générale et appliquée, Faculté universitaire des Sciences agronomiques, B-5030 Gembloux, Belgique. E-mail : michel.dethier@adesa.be.

(***) Jean FAGOT, Forêt et Nature, Institut Supérieur Agronomique, Haut-Marêt, 20, Jehoster, B-4910 La Reid (Theux). E-mail : jean.fagot@skynet.be.

tiellement biologique, de ces petits cours d'eau. Il présente les principaux résultats d'un travail de fin d'étude à l'Institut Supérieur Agronomique de La Reid (CORS, 2003), mené en près de trente stations, de fin mars 2002 à fin mars 2003. LERUTH (1939) avait déjà étudié les sources de la région et y avait recensé plusieurs espèces stygobies, garantes de la qualité des eaux souterraines. Nous avons tenté de les retrouver.

Présentation des stations

CADRE GÉNÉRAL

La vallée du Turon, située sur la commune de Theux (province de Liège), englobe les villages de La Reid, Fraïneux et Hestroumont, ainsi qu'une partie du village de Becco, situé sur la ligne de crête séparant cette vallée de celle du Targnon, au nord-ouest. La vallée du Turon prend naissance à 340 m d'altitude pour aboutir à la confluence avec le Wayai (dont le Turon est l'un des principaux affluents), près du moulin de la Gouché, à 185 m d'altitude. Longue de six kilomètres, elle appartient au bassin de la Vesdre et présente une orientation globale sud-ouest/nord-est, orientation généralisable à toutes les lignes de crête de la région et en relation directe avec le soubassement géologique (plissement hercynien).

Le Turon, qui est un ruisseau de la zone à truite, est constitué de trois bras principaux. La plupart de nos stations sont situées sur le bras occidental, en amont du chanoir du Fond des Puits, au nord de La Reid. La principale composante paysagère de cette vallée limono-caillouteuse est sans conteste les nombreuses pâtures à ray-grass et trèfle blanc, qui occupent entre 60 et 70% d'un territoire d'environ 10 km², sur lequel on trouve une petite dizaine de fermes, à vocation exclusivement herbagère. Ces prés sont bordés de haies mélangées (aubépines, prunelliers, bouleaux, sureaux, sorbiers, aulnes, frênes, saules, érables, chênes). La sylviculture occupe la seconde place, avec du pin et de l'épicéa sur le versant sud-est (substrats schisto-gréseux), et de l'épicéa, du douglas et du chêne, ainsi que du peuplier, sur le versant nord-ouest (substrats schisteux).

La vallée est située dans la partie septentrionale d'une unité géologique très particulière, qui influence fortement le paysage et le relief : la fenêtre de Theux. Une fenêtre est le résultat de l'érosion d'une nappe de charriage, transport tectonique d'une masse rocheuse (allochtone) sur une seconde (autochtone). Ici, la poussée horizontale à l'origine de cette formation est le plissement hercynien, qui a pris fin il y a 280 millions

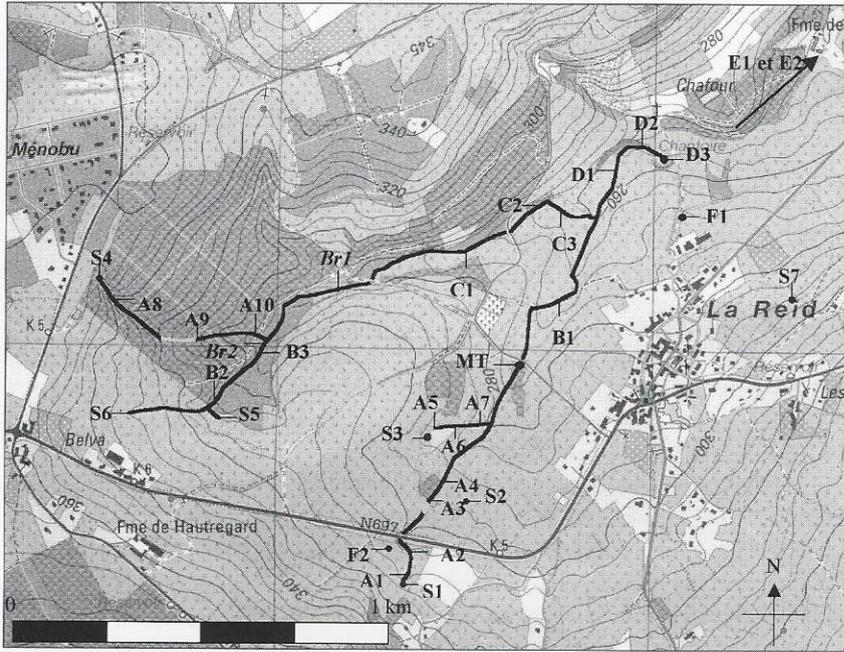


FIG. 1. — Bras occidental du Turon (extrait de la carte topographique 49 3-4 Aywaille - Spa 1/ 25 000).

d'années. Il a découvert des roches calcaires dans une région d'Ardenne censée ne pas en contenir.

DESCRIPTION SOMMAIRE

La figure 1 (extraite de la carte topographique au 1/25000 Aywaille - Spa n° 49 3-4) montre la répartition de nos stations sur le bras occidental du Turon. Les stations E1 et E2, indiquées par une flèche, sont situées en dehors de la carte. Elles ont été choisies de manière à exploiter le plus grand nombre possible de faciès différents. Nous avons adopté la terminologie suivante :

S = sources et stations à caractère de source.

A = stations situées sur un ruisseau découlant directement d'une source.

- B = stations après une confluence.
- C = stations après deux confluences.
- D = stations après trois confluences.
- E = stations après plus de trois confluences (les plus en aval).
- F = stations isolées.

Nous avons également fait des prélèvements dans une mare temporaire de pré (MT) et, dans l'espoir de retrouver les espèces stygobies signalées par LERUTH (1939), nous avons procédé à des sondages tubés de type "Bou-Rouch" en Br1 et Br2.

S1 : située dans une petite dépression garnie de cailloux et de graviers, cette source se tarit en période d'étiage. Après de fortes pluies, on peut voir l'eau suinter de la paroi.

S2 : large zone humide (20 × 5 m) dans laquelle l'eau sourd en plusieurs endroits et où se succèdent des touffes de graminées et des petits creux remplis de vase. L'eau provient d'une faille d'orientation sud-est/ nord-ouest.

S3 : cette source provient également d'une faille. Située dans une pâture, elle a été aménagée en abreuvoir à l'aide d'une large cuvette enfouie dans le sol. L'écoulement est canalisé sur environ 15 m avant de ressortir en A5.

S4 : cette source, située en lisière de pessière, est polluée par les eaux usées du lotissement du Ménobu.

S5 : un drain, provenant de prés et situé au-dessus du sol, aboutit dans un fossé creusé dans le sol, qui va ensuite rejoindre le ruisseau situé dans une peupleraie.

S6 : drain cassé, provenant d'une ancienne source, dont l'eau s'écoule en surface, créant ainsi une zone humide. D'après l'agriculteur, il est possible que les fossés bordant la route N697 s'écoulent en tout ou en partie dans ces drains.

S7 : source de faible débit, située dans une pâture. Le piétinement par le bétail lui confère un aspect de borbier.

A1 : cette station, proche de la source S1, a un profil asymétrique à large banc de gravier central. En été, S1 et A1 sont à sec.

A2 : ru à profil symétrique, avec dépôts latéraux de gravier. A sec en été.

A3 : ruisseau à profil de chenal sans accumulation, à sec en été. La végétation offre des abris à diverses larves d'insectes.

A4 : ressemble à A3.

A5 : petite zone humide dans un pré non accessible au bétail, à la sortie de la canalisation provenant de S3. Envahie par les orties, les ronces et les noisetiers.

A6 : ruisseau provenant de S3, très lent.

A7 : le ruisseau s'étale d'abord dans une prairie, avant de recreuser son lit.

A8 : étroite et profonde ravine à profil symétrique, avec accumulation de graviers schisteux et de débris végétaux au centre.

A9 : résurgence d'un ruisseau disparu sous terre 100 m en amont (lors de pluies abondantes, il coule aussi en surface).

A10 : en bordure de la pessière, quelques mètres avant la confluence avec le ruisseau principal.

B1 : station située en limite de pré et bordée d'une haie. Profil asymétrique, avec banc d'accumulation central de sable. Asséchée durant l'été.

B2 : petit ruisseau drainant une ancienne zone humide, aujourd'hui plantée de peupliers. A sec en été.

B3 : station située dans une peupleraie et recevant de petits drains provenant des prés qui la surplombent.

C1 : en bordure d'un pré humide. Cours assez lent et sinueux, encombré de branchages.

C2 : le lit se divise en deux en amont de la station, située sur le bras gauche. Le bras droit disparaît en sous-sol, puis rejoint le ruisseau sous le lit.

C3 : le lit étant obstrué un peu en amont, l'eau s'écoule dans une prairie sur environ 70 m. On assiste ici à un phénomène de chenalisation : en mars 2002, l'eau s'écoulait en surface (figure 2a), tandis qu'en décembre, elle avait creusé un véritable lit (figure 2b).

D1 : le ruisseau prend ici un cours plus rapide et circule entre de gros blocs.

D2 : zone d'eau calme, située en bordure de pré et surplombée par de hauts arbres.

D3 : chantoir du Fond des Puits, avec un profil d'érosion/accumulation bien dessiné. Un grand saule et un aulne occupent la partie centrale. En été, en raison d'un premier chantoir situé en amont, le tronçon en aval de D2 est à sec.

E1 : résurgence d'Hestroumont (non reprise sur la fig. 1). Les eaux de cette large cuvette située dans une prairie proviennent de deux chantoirs : celui du Fond des Puits (D3) et un second, situé au sud-est de D3, dans un bosquet de feuillus.

E2 : station (non reprise sur la carte) située quelques mètres en amont du pont de Spixhe, sur la N62.

Afin de compléter notre information sur la macrofaune invertébrée, nous avons également prospecté les stations suivantes, les quatre dernières n'étant pas reprises dans les tableaux et les analyses, mais seulement citées dans le texte.

F1 : ruisseau au nord de La Reid, pollué par les eaux usées du village. Bordé par un chemin empierré et par une bande boisée.

F2 : chambre cubique de quatre m de côté environ, placée sur une source et équipée par l'éleveur de manière à pomper de l'eau pour alimenter abreuvoirs et cuves.

Br1, Br2 : deux stations échantillonnées uniquement à l'aide de la pompe de Bou-Rouch (faune hyporhéique).



FIG. 2. — Phénomène de
chenalisation.
a. station C3 en mars
2002.
b. station C3 en décem-
bre 2002.

MT : petite mare temporaire de forme triangulaire à gauche de la route La Reid - Becco (en amont de B1). En avril, elle avait environ quinze m de côté, pour une profondeur de près de deux mètres. En juillet, elle était complètement asséchée.

Le tableau 1 rassemble les principales observations de terrain.

Matériel et méthodes

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées à l'aide d'une valise de terrain "Aquamerck 1.11151.0001" (colorimétrie et titrage).

La macrofaune benthique a été recueillie avec un filet Surber à mailles fines. Des filets de dérive ont également été placés dans les sources et les résurgences, afin de recueillir d'éventuels organismes stygobies. Une nasse appâtée a été placée dans la mare temporaire. Enfin, une pompe de Bou-Rouch (BOU & ROUCH, 1967) a été utilisée pour récolter la faune hyporhéique dans les stations S2 et B2, mais aussi en Br1 et Br2 (cf. supra).

La détermination du matériel récolté s'est faite à l'aide de TACHET & al. (1996) et de MICHA & NOISET (1982).

Les dates des campagnes biologiques sont les suivantes :

1^{ère} : du 17.III au 4.V.2002

2^{ème} : du 25.VII au 3.X.2002

3^{ème} : du 12.XI au 20.XII.2002

Résultats

HYDROLOGIE

Le Turon est un ruisseau qui appartient à la zone à truite (HUET, 1949). Les stations étudiées appartiennent à plusieurs types d'eau, à savoir le crénon ainsi que le rhithron et ses trois composantes (épi-, méta- et hyporhithron) (ILLIES & BOTOSANEANU, 1963).

PHYSICO-CHIMIE

Le tableau 2 regroupe les résultats de nos analyses (voir aussi tableau 1 : conductivité et oxygène). En raison du grand nombre de

TABLEAU 1. — Principales caractéristiques des stations

Paramètre	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	F1	
Largueur (cm)	30	13	Imp ^a	40	27	Imp	Imp	95	20	55	40	Imp	50	10	25	25	45	60	40	100	130	60	120	65	110	60	250	130	160	
Profondeur (cm)	15	6	Imp	15	3	Imp	Imp	1	5	6	6	Imp	3	10	3	3	3	3	3	8	10	7	4	9	15	4	100	20	7	
Vitesse	L	L	Imp	TL	L	Imp	Imp	L	M	M	M	Imp	TL	L	L	TL	TL	M	L	L	L	M	L	M	TL	M	TR	R	M	
Débit (10 ³ m ³ /s)	0.6	Imp	Imp	0.12	0.12	Imp	Imp	0.29	0.28	0.375	0.37	Imp	0.8	0.87	1.28	Imp	0.88	0.342	0.444	1.28	1.27	1.05	6.25	17.5	12.7	17.5	30	26	35	
Pente (%)	42	29	Imp	49.7	52.7	57.6	29	82.3	32.6	57.31	41.38	47	3	28.4	109.02	27.37	35.9	26.19	31.86	46.9	14	7.75	10.32	47.16	42.9	43.8	30	16.7	25	
Lit	SG	SV	/	L	CG	LV	L	GC	LGS	GCB	BCL	SILV	GSV	GS	GBD	GV	GCV	CGV	GSV	GB	GSB	CGV	LV	BC	BC	BC	LSB	BC	BC	
Milieu	P	P	P	Ep	P	P	P	P	P	P	P1	P2	P3	P	Ep	Ep	Ep	P4	Peu	Peu	F1	P4	P	P	P5	P	P	P5	Zh	
Orientation	N-S	N-S	O-E	NO-SE	S-N	O-E	S-N	S-N	S-N	SO-NE	SO-NE	O-E	O-E	O-E	Nno-Sse	O-E	O-E	SO-NE	SO-NE	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	O-E	SO-NE	S-N
Conductivité (µS/cm)	199.6	171.4	248.95	785.15	488	500.7	277.3	199.6	213.4	180	203.4	246.55	251.05	255.1	383.8	329.05	298.85	342.2	360.36	344.9	274.55	277.75	284.55	294.5	284.3	313.85	292.6	474.2	283.6	
Oxygène (% de sat)	63.4	88.48	99.23	49	100.31	89.81	82.38	63.41	79.23	84.2	83.6	101.75	101.05	100.72	91.3	94.77	90.61	82.5	84.72	94.26	98.17	93.03	90.42	90.77	89.82	87.37	80.21	83.06	85.51	

Vitesse : selon l'échelle de Berg.

(EVERAERTS-POLL & VANDEN BOSSCHE, 1987)

Type de rivière	Vitesse (cm/s)
TL	Très lent
L	≤ 10
M	> 10 et ≤ 25
R	> 25 et ≤ 50
TR	> 50 et ≤ 100
	> 100

Lit : échelle granulométrique.

(EVERAERTS-POLL & VANDEN BOSSCHE, 1987)

B	Constituant	Taille des éléments
B	Blocs	> 200 mm
C	Cailloux	20 - 200 mm
G	Gravier	2 - 20 mm
S	Sable	0.2 - 2 mm
L	Limons	< 0.2 mm
V	Présence de vase	
D	Débris végétaux	

Milieu

D'après les cartes d'évaluation biologique de la Belgique.

49/3 Louveigné.

49/4 Spa

Ep	Peuplement fermé d'épaves stade d'accroissement rapide, sans sous-bois apparent
F1	Fourré d'épineux en bordure d'une pâture à ray-grass et trèfle blanc
P	Pâturage à ray-grass et trèfle blanc
P1	Pâturage à ray-grass et trèfle blanc bordée d'un bosquet d'épaves et de mélèzes
P2	Pré non accessible au bétail, hautes herbes, romecs et orties en abondance
P3	Pré recolonisé par des noisetiers, non accessible au bétail, bordé d'un talus couvert d'épaves
P4	Bord de pâture à ray-grass et trèfle blanc, l'autre berge couverte d'aubépines et de romecs
P5	Pâturage à ray-grass et trèfle blanc bordée d'un talus couvert d'aubépines
Peu	Peuplement sur terrain humide, faucés à sous-bois rudéral
Zh	Zone d'habitat rural

* Imp : impossible à estimer en raison de la configuration de la station (v. p. 4-5)

stations et du temps limité imparti au travail, nous avons dû restreindre les analyses physico-chimiques à un petit nombre de stations.

Pour l'ensemble des paramètres mesurés, les valeurs obtenues sont inférieures aux normes en vigueur, à savoir : oxygène dissout : $50\% < \times < 100\%$; pH : $6 < \times < 9$; nitrites : $\times < 0,1$ mg/l (variable avec la teneur en chlorures, test non effectué) ; nitrates : $\times < 50$ mg/l ; ammonium : $\times < 1$ mg/l ; phosphore total : $\times < 0,5$ mg/l [A.G.W. du 15.XII.1994], ce qui permet de dire que les eaux du Turon sont encore d'une assez bonne qualité physico-chimique.

Quatre stations font néanmoins exception :

– S4 : très forte teneur en ammonium (> 5 mg/l) et en phosphates (> 3 mg/l) et faible taux d'oxygène (49%). La cause de cette pollution est le rejet des eaux usées du lotissement du Ménobu.

– F1 : valeurs élevées de l'ammonium (> 3 mg/l) et des phosphates (1,25 mg/l); valeur limite des nitrates (50 mg/l). Ici, ce sont les eaux usées du village de La Reid qui sont responsables de cette situation.

– S6 et S7, présentant des valeurs en nitrates supérieures à la norme. Dans ce cas, ce sont sans doute les engrais qui entraînent cette montée des nitrates. Il n'est cependant pas exclu que les eaux de ruissellement de la N697 provoquent aussi des pollutions non négligeables. Seules des analyses chimiques plus poussées et plus fréquentes permettraient de l'établir.

Quatre autres stations (S5, A5, A6 et A7) présentent des concentrations en oxygène dissout anormalement élevées ($> 100\%$). La nature de la végétation aquatique et riveraine ou le mode d'écoulement des eaux sont peut-être à l'origine de cette suroxygénation.

Nous avons également constaté la présence de deux petites décharges sauvages, la première à proximité de B2 (vieilles bâches, roues, frigo,...), la seconde peu après B3, sur le versant gauche (déchets de tonte et de taille de haies, briquillons divers,...).

Néanmoins, le problème majeur des cours d'eau étudiés est sans conteste l'étiage marqué et prolongé, qui laisse à sec de nombreuses stations durant tout l'été.

MACROFAUNE BENTHIQUE

Les communautés de macroinvertébrés benthiques ont été analysées à l'aide de diverses approches : indices biotiques, indice de similitude, méthode par traits et modes.

TABLEAU 2. — Résultats des analyses physico-chimiques

	S1	S2	S3	S4	S6	S7	A10	C3	D3	E1	E2	F1
Température	8,6	5	10,25	8,65	10,65	5,3	7,15	9,25	9	4	5,7	4,3
pH	6,5	6,5	7 - 7,5	7,5	6 - 6,5	6,5	7 - 7,5	7 - 7,5	7 - 7,5	7,5	7,5	7,5
Conductivité	199,6	171,4	248,95	785,15	500,7	277,3	298,85	284,55	313,85	292,6	474,2	283,6
Oxygène	63,4	88,48	99,23	49	89,81	82,38	90,61	90,42	87,37	80,21	83,06	85,51
Dureté totale	5	9,08	10,82	15,82	15,08	16,4	12,58	8,89	15,77	16,9	15,3	8,9
Dureté carbonatée	5	5,52	5,78	12,56	10,31	8,9	6,18	4,81	13,59	11	12,6	5
Ammonium	0,1	0,1	0,1	5 <	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	3
Nitrites	0,012	0,016	0,025	0,1	0,025	0,025	0,025	0,016	0,06	0	0	0,22
Nitrates	33	25	10	12	70	60	25	24,16	26	37	37	50
Phosphates	0,125	0,16	0,33	3 <	0,25	0,25	0,37	0,25	0,4	0,25	0,25	1,25

Indices biotiques

Pour chaque prélèvement, nous avons calculé l'Indice de Qualité Biologique Global (IQBG, VERNEAUX & FAESSEL, 1976) et le Belgian Biotic Index (BBI, DE PAUW & VANOOREN, 1983). Il convient cependant de rappeler que les cours d'eau qui font l'objet de cette étude sont à la limite de ces méthodes d'estimation de la qualité biologique des eaux courantes. En effet, celles-ci ont été proposées pour des ruisseaux plus importants et des rivières. Nos rus et ruisselets ont des débits trop faibles pour héberger une faune très diversifiée, ainsi que le montre le tableau 3. Nous devons donc nous montrer prudents dans nos interprétations, car ici de faibles valeurs indicielles ne traduisent pas nécessairement une pollution importante. En outre, l'étiage très marqué de certaines stations (S1, S2, S3, A1 à A5 et D3 étaient complètement asséchées lors de la deuxième campagne) réduit encore la portée de ces méthodes.

La figure 3 montre les valeurs prises par l'IQBG par campagne dans chaque station. L'évolution du BBI est tout à fait comparable et nous n'avons pas jugé utile de la représenter. De plus, cet indice est moins sensible et surestime la qualité biologique des cours d'eau. En particulier, la présence dans de nombreuses stations de *Nemoura cinerea* Retzius, 1783, Plécoptère particulièrement résistant vis-à-vis de la diminution de la teneur en oxygène, permet au BBI d'atteindre des valeurs indicielles élevées. On constate que si la valeur la plus élevée de l'IQBG est de 16 (sur un maximum de 20) et qu'il y a quelques prélèvements arrivant à un indice de 14 ou 15 (ce qui les classe dans une qualité d'eau peu polluée), la plupart des autres valeurs se situent le plus souvent, et parfois très nettement, en dessous de 10 (eaux très à excessivement polluées). Ces résultats sont en contradiction avec nos observations de terrain et nos analyses physico-chimiques (tableaux 1 et 2), qui montrent que l'état de nos petits cours d'eau semble globalement assez bon, à quelques exceptions près. Cela montre bien que nous sommes ici en limite de méthode, les communautés benthiques étant naturellement peu diversifiées en raison de la faible importance des ruisselets étudiés.

Néanmoins, afin de mieux mettre en évidence la nature des stations et l'impact de l'étiage sur la macrofaune benthique, nous avons essayé de regrouper les résultats de diverses manières.

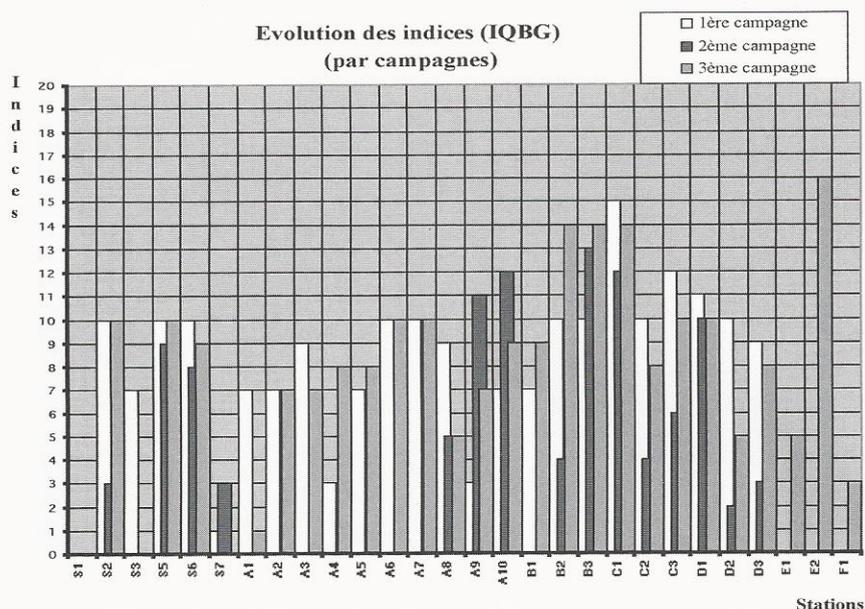


Fig. 3. — Représentation graphique des IQBG (par stations et campagnes)

* Regroupement par ordre croissant des valeurs de l' IQBG

Le tableau 4a met bien en relief l'influence négative de l'étiage, particulièrement lors de la deuxième campagne : valeurs indicelles plus faibles et nombres de stations asséchées en augmentation. De plus, sauf dans quelques stations non ou moins soumises à l'étiage, le nombre de taxons rencontrés au cours de la deuxième campagne est sensiblement plus faible.

* Regroupement par secteurs

Nous avons regroupé les stations en six secteurs, en fonction de certains caractères physico-chimiques (v. tableaux 1 et 2) :

1. S1 à S7 et E1: sources et stations à caractère de source.
2. Stations A1 à A4 et B1 : faible débit et étiage prolongé (à sec lors de la deuxième campagne).
3. A5, A6, A7 et S5 : courant lent, suroxygénation.

TABLEAU 4a. — Regroupement par ordre croissant des IQBG au cours des campagnes 1, 2 et 3

	S7	A4	A9	S3	A1	A2	B1	A5	A10	A3	A8	D3	S2	A6	A7	S6	B2	B3	C2	D2	S5	D1	C3	C1	S1	E1	E2	F1	F2	
1	1	3	3	7	7	7	7	7	7	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	12	15	-	-	-	-	-	
2	D2	S7	D3	S2	B2	C2	A8	C3	S6	S5	D1	A9	A10	C1	B3	S1	S3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	E1	E2	F1	F2	
	2	3	3	3	4	4	5	6	8	9	10	11	12	12	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	A1	F1	D2	A8	F5	D2	A2	B1	E9	E5	B2	C1	E1	D3	B3	S2	E6	F1	E7	C2	C3	E2	E4	E3	F3	S8	S3	S1	F2	
	1	3	5	5	5	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10	10	14	14	14	14	16	-	-	-	-

TABLEAU 4b. — Regroupement par secteurs (milieu et hydrologie) au cours des campagnes 1, 2 et 3

IQBG (/20)							BBI (/10)
Secteurs :							Secteurs :
	1	2	3	4	5	6	
1	10	11	8	16	14	11	1
2	-	9	13	15	12	8	2
3	9	11	11	15	16	10	3

4. A8, A9 et A10 : ruisselet situé dans une pessière et coulant sur des schistes.

5. B2, B3 et C1 : parcours dans une peupleraie.

6. C2 à D3, E2, F1 : parcours dans les prés.

Les valeurs dans ce tableau correspondent à de nouveaux indices calculés sur base de l'ensemble des invertébrés trouvés par secteurs. Le tableau 4b montre que les secteurs 5 et 6, soit ceux situés le plus en aval, présentent les valeurs indicielles les plus élevées. Ils sont en effet moins soumis à l'étiage que les secteurs plus en amont et abritent une faune plus variée. Le secteur 5 regroupe des stations bien oxygénées (environ 95% de saturation) et dans lesquelles l'eau s'écoule sur un lit de blocs, de cailloux et de graviers. Dans le secteur 6 (stations de prés), des apports d'engrais ou d'eau usées (F1) entraînent une augmentation des taux de nitrites, de nitrates et de phosphates (v. tabl. 2) et une moins bonne oxygénation (v. tableau 1).

* Regroupement par biocénoses

Globalement, nos stations appartiennent à deux types, caractérisés par certains éléments de leurs faunes respectives :

– Sources et résurgences (stations S), ruisselets de source (stations A, surtout A1 à A7). On y rencontre en particulier des organismes stygobies, dérivant des eaux souterraines (*Niphargus*, *Haplotaxis*) et de nombreux représentants des Plécoptères Nemouridae appartenant aux genres *Nemurella*, *Protonemura* et *Amphinemura*. Les Trichoptères Polycentropodidae sont également bien représentés.

– Ruisseaux de plus fort débit (souvent forestiers) et (relativement) moins soumis à l'étiage. Les biocénoses se diversifient et on voit apparaître les premiers représentants d'organismes typiques de ruisseaux rapides, importants et propres : Plécoptères des genres *Isoperla*, *Brachyptera* et *Leuctra*, Ephéméroptères Heptageniidae (*Rhithrogena*, *Epeorus*) et Leptophlebiidae (*Habrophlebia*), Trichoptères Hydropsychidae et Rhyacophilidae, mais aussi des éléments d'eaux plus calmes et/ou plus polluées : Hétéroptères Veliidae, Coléoptères Dytiscidae et Hygrobiidae, Crustacés Asellidae,...

Au niveau de détermination requis pour les IQBG, les taxons suivants peuvent être considérés comme ubiquistes : *Nemoura cinerea*, *Gammarus*, *Pisidium*, *Baetis*, Diptères Chironomidae et Simuliidae, Oligochètes.

Indice de similitude

Nous avons utilisé l'indice de Jaccard, qui se calcule à l'aide de la formule :

$$I = c/(a+b-c)$$

où a est le nombre de taxons rencontrés dans la station A, b le nombre de taxons rencontrés dans la station B et c le nombre de taxons communs aux deux stations. Nous avons ainsi dressé le dendrogramme de la figure 4, qui regroupe les stations selon leurs plus ou moins grandes ressemblances fauniques. Plusieurs grands groupes apparaissent :

1) A8, F1 et E1, trois stations isolées du reste et qui, en outre, ne se ressemblent guère entre elles. A8 et F1 sont des stations polluées, soit par des débris végétaux, soit par l'arrivée d'eaux usées et E1 est la résurgence d'Hestroumont, où nous n'avons trouvé que très peu d'organismes (v. tableaux 2 et 3)

2) S1 et F2 (chambre de visite d'une source) ne comptent que des organismes stygobies (*Niphargus* et/ou *Haplotaxis*), ce qui les distingue même des autres sources.

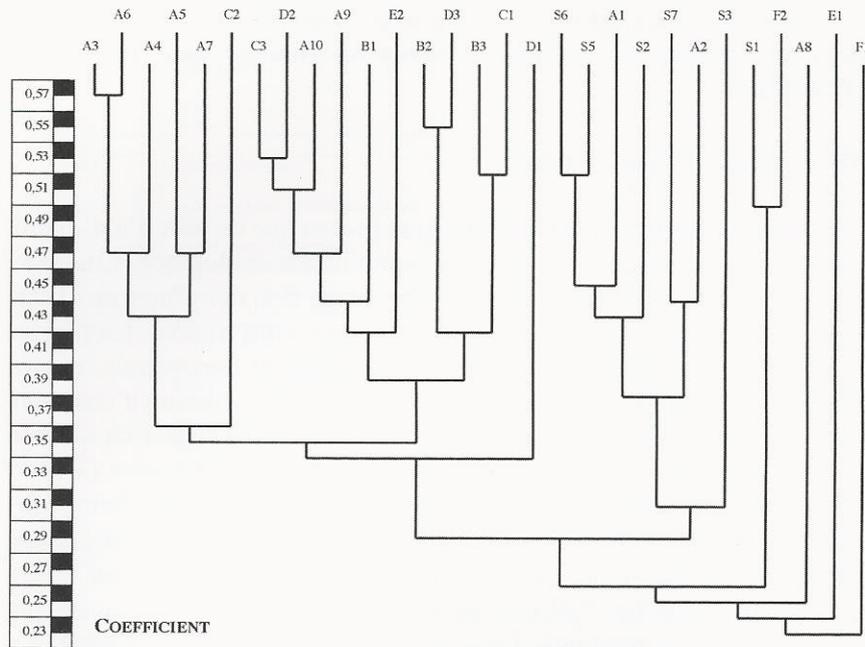


FIG. 4. — Dendrogramme de relation moyenne existant entre les stations (sur base de l'indice de similitude de Jaccard).

3) Les autres sources (S2, S3, S5, S6, S7) et des ruisselets de sources (A1, A2) constituent le troisième groupe, assez homogène (sauf S3, isolée). La faune comprend encore des espèces stygobies (*Niphargus*, *Haplotaxis*), mais aussi des Plécoptères Nemouridae, des Coléoptères Dytiscidae et Helophoridae, des *Pisidium*, etc.

4) Le quatrième groupe est moins homogène et peut être subdivisé en plusieurs sous-groupes :

- Les stations A3 à A7 forment, avec la station C2 (isolée), un ensemble de stations fortement soumises à l'étiage.

- A9, A10, B1, C3, D2 et E2 sont les stations de la pessière (sur schistes) et les ruisselets de prés à courant lent.

- B2, B3, C1 et D3 : trois stations situées dans la peupleraie et un chantoir (présence de larves de *Rhithrogena* et de *Sialis*).

– Dans la station D1 enfin, la vitesse d'écoulement est plus importante et on y trouve de nombreux Coléoptères Helophoridae, Elmidae et Hydraenidae.

Méthode par traits et modes

L'identification d'un taxon, à quelque niveau que ce soit, n'a d'intérêt que si l'on peut accoler au nom une signification écologique. CHEVENET & al. (1994) ont proposé un système de codage flou des principaux traits biologiques (taille, cycle,...), physiologiques (respiration, température,...) et écologiques (distributions longitudinale et transversale, microhabitats,...). Ce sont ainsi 22 traits qui ont été retenus, chacun d'entre eux étant à son tour subdivisé en modalités (119 en tout) et mis en relation avec chaque taxon d'invertébré des eaux continentales françaises (TACHET & al., 2000). L'intérêt de cette démarche est de fournir des valeurs chiffrées plus facilement lisibles et utilisables que des appréciations comme «genre plutôt rhéophile, etc.». En effet, pour chaque mode, on utilise un codage indiquant l'affinité du taxon pour la mode envisagée, par exemple : 0 = pas d'affinité, 1 = affinité faible, 2 = affinité moyenne, 3 = affinité forte. Cela suppose évidemment une bonne connaissance de la macrofaune benthique étudiée. On peut en outre affecter un indice reflétant son abondance relative dans l'échantillon. De cette manière, de simples listes de taxons, dressées au départ pour établir des indices biotiques, pourront être exploitées beaucoup plus finement et soumises à différents types de calculs, depuis de simples tests statistiques jusqu'aux analyses multivariées. Cette approche permettra une meilleure connaissance de la diversité fonctionnelle des communautés benthiques et des propriétés mésologiques des stations étudiées, ainsi qu'une estimation plus pertinente de leurs modifications éventuelles.

Dans ce travail qui porte, rappelons-le, sur des stations géographiquement et hydrologiquement très proches, nous avons limité l'analyse aux neuf traits repris dans le tableau 5 et nous avons calculé les distributions de fréquences des notes d'affinités pour les différents modes de ces traits. Les graphiques résultant de cette analyse sont repris dans la figure 5, groupés par secteurs. En abscisse, on trouve les différents modes et en ordonnée les fréquences, les chiffres repris sur les graphiques représentent les valeurs minimales et maximales des modes considérés. Les différents traits retenus sont détaillés dans le tableau 5 et les quatre secteurs dans la légende de la figure 5. Cette figure montre un glissement sensible

TABLEAU 5. — Légende relative aux modes et traits

trait 2	Cycle vital	1	<1 an
		2	>1 an
trait 7	Forme de résistance	1	œufs, gemmules, statoblastes, coques
		2	cocons
		3	logette contre dessiccation
		4	diapause / quiescence
		5	aucune
trait 8	Type de nourriture	1	sédiments / micro-organismes
		2	débris < 1 mm
		3	débris végétaux > 1 mm
		4	microphytes vivants
		5	macrophytes vivants
		6	animaux morts > 1 mm
		7	microinvertébrés vivants
		8	macroinvertébrés vivants
		9	vertébrés
trait 9	Mode alimentaire	1	absorption à travers les téguments
		2	mangeur de sédiments fins
		3	broyeur
		4	racleur, brouteur
		5	filtreur
		6	perceur (algivore / prédateur suceur)
		7	prédateur (découpeur ou avaleur)
		8	parasite
trait 13	Degré de trophie	1	oligotrophe
		2	mésotrophe
		3	eutrophe
trait 14	Valeur saprobiale	1	xénosaprobe
		2	oligosaprobe
		3	béta mésosaprobe
		4	alpha mésosaprobe
		5	polysaprobe
trait 18	Distribution longitudinale	1	crénon
		2	épirhitron
		3	métarhitron
		4	hyporhitron
		5	épipotamon
		6	métapotamon
		7	estuaire
		8	hors hydrosystème fluvial
trait 20	Microhabitats (préférendum)	1	dalles, blocs, pierres, galets
		2	graviers
		3	sable
		4	limon
		5	macrophytes, algues filamenteuses
		6	microphytes
		7	branches, racines
		8	litière
		9	vase
trait 22	Courant (préférendum)	1	nul
		2	lent (< 25 cm/s)
		3	moyen (25 - 50 cm/s)
		4	rapide (> 50 cm/s)

du crénon vers le rhithron de plusieurs traits parmi ceux envisagés. La pollution affectant le secteur 4 se reflète également dans cette analyse.

* Cycle vital : la prépondérance des organismes à cycle long (mode 1) dans le secteur 1 (sources) s'explique sans doute par la présence ici de nombreux individus appartenant à des espèces stygobies (*Niphargus*, *Haplotaxis*) ou stygophiles (*Canthocamptidae*, *Cyclopidae*) (v. tableau 6 : Faune des eaux souterraines). Ces organismes présentent en effet, par rapport à leurs cousins épigés, un métabolisme beaucoup plus lent et un cycle plus long (ainsi, chez les *Niphargus*, l'incubation dure plusieurs mois, mais seulement 2 à 3 semaines chez les *Gammarus*). Par la suite, l'importance relative des espèces à cycle court (mode 2, 1) est

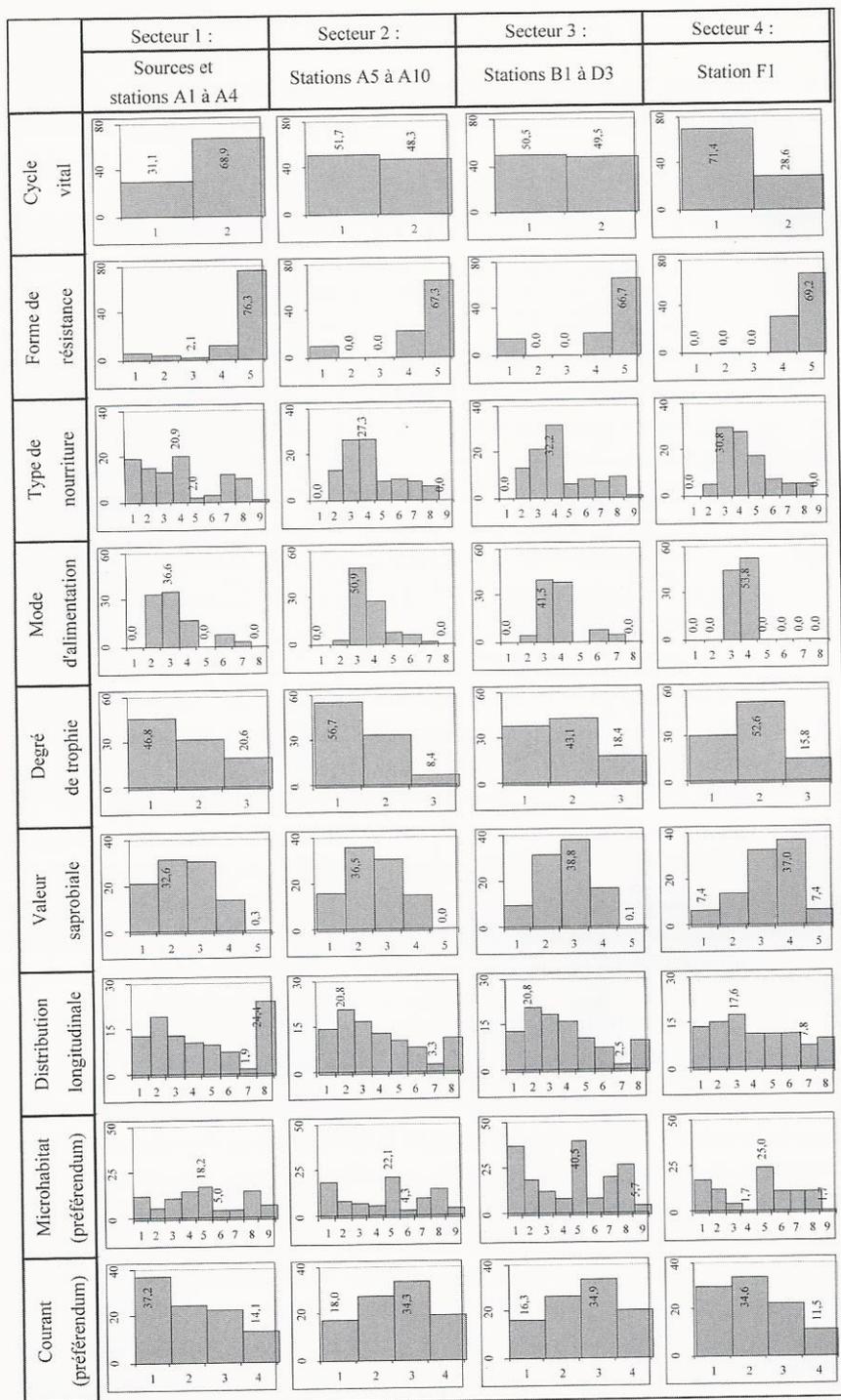


FIG. 5. — Traits et modes

vraisemblablement due aux longues périodes d'étiage (secteurs 2 et 3) et à des phases de pollution aiguë (secteur 4). Ces phénomènes expliquent peut-être aussi l'apparition de formes de résistance (œufs, gemmules,... et diapause) dans les secteurs 2, 3 et 4.

* Types de nourriture et modes d'alimentation : ils montrent également des différences entre le secteur 1 et les suivants. Dans les sources, on rencontre surtout des organismes se nourrissant de sédiments fins, de microorganismes et de microphytes (modes 1, 2 et 3) ; ce sont des mangeurs de sédiments, des broyeurs ou des racleurs de substrat (modes 2, 3 et 4). Plus bas, on observe un glissement vers une nourriture à base de microphytes et de débris végétaux (modes 3 et 4), avec abandon des sédiments fins et des microorganismes. Ici, les organismes sont essentiellement des broyeurs et des racleurs-brouteurs (modes 3 et 4). Enfin, dans le secteur 4, une nouvelle inversion s'opère : prépondérance des débris végétaux et importance plus grande des macrophytes. Il n'y a pratiquement plus que des broyeurs et des racleurs-brouteurs.

* Degré de trophie et valeur saprobiale : dans les secteurs 1 et 2, les organismes oligotrophes dominent. Mais, dans le secteur 3 et surtout dans le secteur 4, les organismes mésotrophes sont prépondérants. Les valeurs saprobiales suivent la même évolution : d'oligosaprobe (accessoirement β -mésosaprobe) dans les secteurs 1 et 2 (avec un % non négligeable d'organismes xénosaprobies), on passe progressivement à une situation nettement α -mésosaprobe dans le secteur 4.

* Distribution longitudinale : les secteurs 1, 2 et 3 abritent surtout des représentants du crénon et de l'épirhithron avec, dans le secteur 1, une forte représentation des organismes n'appartenant pas à l'hydrosystème fluvial (stygobies,...). Dans le secteur 4, les représentants du métarhithron deviennent prépondérants (17,6%) et ceux de l'hyporhithron ainsi que de l'épipotamon atteignent des proportions relativement importantes (11,8%).

* Microhabitats : dans les secteurs 1 et 2, les organismes ne présentent pas de préférences très marquées pour l'un ou l'autre type de microhabitat, sauf peut-être pour les galets et les macrophytes (modes 1 et 5). Cette tendance s'accroît dans le secteur 3, avec la traversée de zones plus caillouteuses, de pâturages (macrophytes) et de bois de feuillus (litière, mode 8). Dans le secteur 4, la pollution entraîne la prolifération d'algues filamenteuses (mode 5 : 25%).

* Courant : dans le secteur 1, les organismes limnophiles (mode 1, courant faible à nul) sont prépondérants. Les sources étudiées ici sont en effet pour la plupart des sources suintantes, plutôt de type artésien, et non pas jaillissantes, de type vauclusien. Dans les secteurs 2 et 3, on observe un glissement vers des organismes plus rhéophiles (mode 3, courant moyen : 34-35 %).

En conclusion, et en dépit de la proximité et de la relative similitude de nos stations, cette analyse met assez bien en évidence les différences de fonctionnement des biocénoses de macroinvertébrés benthiques des sources et des ruisselets étudiés ici. Elle montre aussi l'influence d'une pollution organique sur ce fonctionnement.

FAUNE DES EAUX SOUTERRAINES

Le 17.VIII.1936, R. Leruth, fondateur de la biospéologie belge, a récolté, dans une source entre Hautregard (hameau au-dessus de La Reid) et Becco, six espèces (un Oligochète et cinq Crustacés), dont trois étaient stygobies. Dans la faune souterraine, on distingue des espèces stygoxènes (ou troglaxènes s'il s'agit d'espèces terrestres), qui ne passent qu'une partie de leur vie dans le domaine souterrain (refuge hivernal, par exemple), des espèces stygophiles (troglaphiles), qui y passent toute leur vie et présentent certaines adaptations physiologiques (métabolisme plus lent, par exemple) et des espèces stygobies (troglabies), qui sont complètement adaptées à ce milieu particulier (perte des yeux et de la pigmentation, etc.). Dans le cadre d'une réactualisation de nos connaissances sur la faune troglabie de Belgique (HUBART & DETHIER, 1999), nous avons voulu savoir si les espèces récoltées par Leruth étaient toujours présentes près de 70 ans plus tard. En effet, les animaux stygobies ne se rencontrent que dans des eaux propres et leur présence est donc garante d'une bonne qualité biologique des eaux souterraines.

Le tableau 6 présente une comparaison entre les deux séries de données. On constate d'emblée de grandes différences entre les résultats de LERUTH (op. cit.) et les nôtres :

— La source étudiée par LERUTH n'est pas clairement identifiée (elle peut avoir disparu de nos jours). Nous avons, pour notre part, étudié près d'une dizaine de sources et autres stations à caractère de source, et ce au cours de trois campagnes.

— LERUTH a effectué ses prélèvements sans doute à l'aide d'un petit filet à mailles fines. Il est peu probable qu'il se soit servi de filet de

TABEAU 6. — Faune des eaux souterraines - liste des espèces récoltées dans les sources par LERUTH (A) et lors de cette étude (B)

Groupes	Familles	Genres et espèces	Statut	A	B
Nématodes			?		x
Oligochètes	Haplotaxidae	<i>Haplotaxis gordioides</i> Hartmann, 1821	sb	x	x
Gastéropodes	Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i> sp.			x
	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i> (Smith, 1889)	sp?		x
	Helicidae	<i>Trichia hispida</i> (L, 1758)	ac		x
Bivalves	Clausiliidae	<i>Clausilia bidentata</i> (Ström, 1765)	ac		x
	Sphaeriidae	<i>Pisidium personatum</i> Malm, 1855 <i>Pisidium casertanum</i> (Poli, 1791)	sx		x
Copépodes	Canthocamptidae	<i>Echinocamptus praegeri</i> Scourfield 1912	sp	x	
		<i>Bryocamptus zschokkei</i> (Schmeil, 1883)	sp		x
	Cyclopidae	<i>Diacyclops clandestinus</i> Kiefer, 1929	sb	x	
		<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rehberg, 1880)	sp		x
		<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer 1853	sp	x	
		<i>Paracyclops imminutus</i> Kiefer, 1929	sp		x
		<i>Graeteriella unisetigera</i> (Graeter) 1908	sp	x	
		<i>Cryptocandona vavrai</i> Kaufmann, 1900	sx?		x
Ostracodes	Cypridae	<i>Pseudocandona pratensis</i> (Hartwig, 1901)	ac?		x
Amphipodes	Gammaridae	<i>Gammarus fossarum</i> Koch, 1836	ac-sx		x
	Niphargidae	<i>Niphargus schellenbergi</i> Karaman, 1932	sb	x	x
Plécoptères	Nemouridae	<i>Nemoura cf. cinerea</i> Retzius, 1793	sx?		x
	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp.	sx?		x
Ephéméroptères	Baetidae	<i>Baetis</i> sp.	ac		x
Mégaloptères	Sialidae	<i>Sialis</i> sp.	ac		x
Coléoptères	Elmidae	<i>Elmis</i> sp.	ac		x
	Helodidae	<i>Helodes</i> sp.	ac		x
	Hydrophilidae	<i>Coelostoma</i> sp.	ac		x
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i> sp.	ac		x
Diptères	Chironomidae		ac-sx		x
	Ptychopteridae		ac		x

- sx Espèce stygoxène
 sp Espèce stygophile
 sb Espèce stygobie
 ac Espèce accidentelle

dérive (puisqu'il ne signale qu'une seule campagne) et, à son époque, la pompe de Bou-Rouch n'était pas encore utilisée en hydrobiologie. Outre le filet Surber, nous avons également placé des filets de dérive et utilisé la pompe de Bou-Rouch en quatre stations (S2, E2, Br1 et Br2).

— Il est possible que LERUTH ait récolté d'autres animaux (larves de Plécoptères, etc.) mais qu'il n'ait pas cru utile de les signaler dans son travail de 1939. Dans le tableau 6, nous citons toutes les espèces et taxons recueillis à l'aide des techniques utilisées. On y trouve donc un certain nombre de stygoxènes, voire même d'espèces accidentelles (*Trichia* et *Clausilia* ne sont pas des Mollusques aquatiques, les larves de Plécoptères, Coléoptères, etc. ont peut-être été introduites dans le sous-écoulement au moment de l'enfoncement de la pompe).

— Enfin, à notre connaissance, LERUTH n'a jamais fait d'analyses physico-chimiques.

Nous pouvons néanmoins relever les points suivants :

— Deux espèces sur les six récoltées par LERUTH (op. cit.) ont été retrouvées ; il s'agit d'espèces stygobies : *H. gordioides*, qui vit dans les boues fluides des fissures du sol et est accidentel dans les grandes collections d'eaux souterraines et les stations épigées, et *N. schellenbergi*, espèce la plus commune dans les eaux courantes souterraines de Belgique. Une espèce stygobie (*D. clandestinus*) et trois espèces stygophiles n'ont pas été retrouvées. Deux d'entre elles ne sont cependant pas rares et nous les avons trouvées dans d'autres endroits. L'espèce stygobie a, elle, été retrouvée dans la grotte de Remouchamps (DETHIER & HUBART, 2000).

— Nous avons par contre recueilli une demi-douzaine d'autres espèces stygophiles, en particulier des Copépodes, mais qui ne semblent pas rares dans les eaux souterraines : nous les avons en effet trouvées aussi ailleurs.

On peut donc dire que, s'il y a une dégradation de la qualité des eaux souterraines du bassin de La Reid, elle est encore relativement modérée.

Conclusions générales

Outre une connaissance approfondie de la qualité biologique des eaux du Turon, les diverses approches utilisées au cours de cette étude ont également permis de mettre en évidence les différences de faune entre les stations de sources (ou à caractère de source) et celles situées un peu plus

en aval, ainsi que l'impact négatif de l'étiage sur ces biocénoses. Si les indices biotiques sont clairement ici à la limite de leur utilisation, les deux autres approches ont permis d'intéressantes observations, tant sur la composition faunistique que sur le fonctionnement des biocénoses rencontrées. Parmi l'abondant matériel récolté, plus de 70 espèces ont été déterminées (CORS, DETHIER & CUPPEN, en préparation). Les conclusions de cette approche spécifique complètent et corroborent celles présentées ici.

Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes qui nous ont apporté leur assistance sur le terrain ou prêté le matériel utilisé pour cette étude : MM. A. Cors, J.-M. Hubart, G. Tomasovic, D. Herman, M. Lambert et l'ISA La Reid.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOU C. & ROUCH R., 1967. Un nouveau champ de recherche sur la faune aquatique souterraine. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris*, **265** : 369-370.
- CHEVENET, F., DOLÉDEC, S. & CHESSEL, G., 1994. A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater Biology*, **31** : 295-309.
- CORS, R., 2003. Qualité biologique des eaux du Turon (Commune de Theux). Trav. fin d'études, Graduat en Agronomie, I.S.A., La Reid, 149 p.
- DE PAUW N. & VANOOREN G., 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, **100** : 153-168.
- DETHIER, M. & HUBART, J.-M., 2000. La collection Delhez. 2. Corrigenda et addenda. *Bull. Chercheurs Wallonie*, **40** : 17-35.
- EVERAERTS-POLL M. & VANDEN BOSSCHE J.P., 1987. Evaluation biologique de la qualité des cours d'eau. MRW DGRNE, 88 p.
- HUBART J.M. & DETHIER M., 1999. La faune troglobie de Belgique : état actuel des connaissances et perspectives. *Bulletin S.R.B.E.*, **135** : 164-178.
- HUET M., 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11 (3-4) : 332-351.
- ILLIES J. & BOTOSANEANU L., 1963. Problème et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, **12** : 1-57.
- LERUTH R., 1939. La biologie du domaine souterrain et la faune cavernicole de la Belgique. *Mém. Inst. roy. Sc. nat. Belg.*, **87** : 506 p.
- MICHA J. C. & NOISET J. L., 1982. Evaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques. *Probio revue*, vol. 5, n° 1.

- TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX P., 1996. Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces. Association française de Limnologie, 6^{ème} éd., 156 p.
- TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. & USSEGlio-POLATERA P., 2000. Invertébrés d'eau douce – systématique, biologie, écologie. CNRS éditions, 588 p.
- VERNEAUX, J & FAESSEL, R., 1976. Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. CTGREF, Paris, 20 p.