

**ETUDE D'IMPACT DE L'INTRODUCTION ACCIDENTELLE DE
PACHYCHILON PICTUM (TELEOSTEI, CYPRINIDAE)
DANS UNE RIVIERE TEMPORAIRE DU VAR : L'ARTUBY**

Conséquences sur l'ichtyofaune

J.-M. LAGADEUC : chargé d'étude

G. OLIVARI & R. CHAPPAZ : directeurs scientifiques

**ETUDE D'IMPACT DE L'INTRODUCTION ACCIDENTELLE DE
PACHYCHILON PICTUM (TELEOSTEI, CYPRINIDAE)
DANS UNE RIVIERE TEMPORAIRE DU VAR : L'ARTUBY**

Conséquences sur l'ichtyofaune

Rapport Final

Avec la collaboration de :

CAVALLI L.*, GILLES A.*, MALEVAL O., MILESI P.****

***Laboratoire d'HYDROBIOLOGIE
UPRES Biodiversité
Université de Provence
1-3 place Victor HUGO
13003 MARSEILLE**

****MAISON REGIONALE DE L'EAU
83 670 BARJOLS**

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1		
Présentation du milieu.....	2	Croissance.....	15
Localisation	2	<i>Méthodologie</i>	15
Géologie - Hydrogéologie	2	Mesure de la taille.....	15
Hydrologie - Climatologie	2	Détermination de l'âge : méthode scalimétrique	15
Situation biologique	2	15
Echantillonnage.....	3	Description de la méthode.....	15
<i>Stations d'étude.....</i>	3	Rétrocalcul.....	15
<i>Station de référence.....</i>	3	Description des écailles de <i>Pachychilon</i>	15
<i>Prélèvements d'invertébrés.....</i>	4	<i>pictum</i>	15
<i>Prélèvements de poissons : pêche électrique.....</i>	4	Relation taille-poids.....	16
		Coefficient de condition.....	16
		<i>Résultats.....</i>	16
		Reproduction.....	18
Présentation du <i>Pachychilon pictum</i>	5	<i>Méthodologie</i>	18
Distribution originelle.....	5	Le rapport gonado-somatique	18
Historique.....	6	La fécondité absolue	18
Connaissances bibliographiques.....	6	La fécondité relative.....	18
Le <i>Pachychilon pictum</i> dans l'Artuby	6	<i>Résultats.....</i>	18
Caractères méristiques	7	Evolution du R.G.S. dans le temps	18
		Maturité.....	19
		La fécondité relative.....	19
Biologie / Ecologie.....	9	Discussion / Conclusion Perspectives	20
Densité.....	9	Remerciements.....	21
<i>Méthode de DE LURY.....</i>	9	Bibliographie.....	22
<i>Méthode de Carle et Strub, 1978.....</i>	9		
<i>Résultats.....</i>	9		
Alimentation.....	11		
<i>Méthodologie</i>	11		
Détermination des aliments	11		
Pesée des contenus stomacaux.....	11		
Traitement numérique des résultats	11		
Occurrence.....	11		
Fréquence relative.....	11		
Coefficient de réplétion (SMILY 1952).....	11		
Coefficient de vacuité.....	12		
Compétition interspécifique.....	12		
<i>Résultats.....</i>	12		

INTRODUCTION

Le *Pachychilon pictum* est une espèce considérée comme endémique des Balkans occidentales.

Récemment, cette espèce a pu être signalée en Italie, puis en France dans le bassin de la Garonne (DAUBA, comm pers 1996, THALES *et al* 1997). Dès 1995, le *Pachychilon pictum* a été rencontré dans l'Artuby (Var) par J.P. TRILLAUD, garde du C.S.P. et plus récemment (juillet 97) dans l'Auvézère (Corrèze) lors de pêches électriques effectuées par notre laboratoire.

Il existe un point commun à ces localisations : l'introduction de goujons des Balkans par un pisciculteur français (TRILLAUD-Arturby ; LAFON-Auvézère ; DELMASTRO-Serchio (Toscane)).

De nombreux exemples montrent le danger de l'introduction d'une espèce nouvelle pour la faune et la flore. Notre travail a pour but de mesurer l'impact de l'introduction de *Pachychilon pictum* sur le peuplement autochtone d'une rivière varoise, l'Artuby.

De plus, l'espèce d'origine lacustre a fait l'objet de plusieurs travaux sur sa répartition (BANARECU 1964, BLANC *et al* 1971, CRIVELLI 1996, MAITLAND 1972; MARIC 1995), sa diagnose (HECKEL & KNER 1858, STANKOVIC S. 1955, VLADYKOV V. & PETIT G., 1930, DELMASTRO & BALMA 1990, THALES *et al* 1997, KARAMAN S. 1924, SORIC 1983a) et sa position systématique (GILLES *et al*, 1998), mais sa biologie et son écologie sont peu connus en lac et en milieu lotique (SORIC 1982, IVANOVIC 1973, KITCHELL *et al* 1973).

Bien connaître la biologie et l'écologie d'une espèce récemment introduite est essentiel si on souhaite éviter des désastres écologiques.

On peut citer de multiples exemples où l'introduction (volontaire ou non) liée à la méconnaissance des exigences écologiques d'une espèce a entraîné des déséquilibres écologiques dans nos eaux douces :

- l'envahissement de certains étangs ou portions de rivière de plaine par les poissons-chats ou les perches soleil (ALLARDI & KEITH, 1992) ;
- l'explosion démographique du sandre dans les années 60-70 (GOUBIER, 1975 in ALLARDI & KEITH, 1992) qui s'est faite au détriment d'espèces pourtant bien adaptées (perches, brochets) ;
- des problèmes de concurrence alimentaire dans de grandes rivières où le silure a fait l'objet d'introduction et a anéanti les populations de brochets...

Cette étude est la première étude sur la biologie et l'écologie de cette espèce en France. Elle apporte des éléments essentiels sur la connaissance de la compétition alimentaire avec les espèces autochtones, ainsi que des informations sur la capacité adaptative de l'espèce dans un milieu fort différent de son milieu originel.

PRESENTATION DU MILIEU

LOCALISATION

L'Artuby est un cours d'eau temporaire, affluent rive gauche du Verdon. Elle prend sa source au niveau du village de la Foux (83), près de Saint-Auban.

Son cours a une pente moyenne de 3,7 ‰.

Ses gorges très profondes (environ 200 m) et étroites (environ un mètre) rejoignent celles du Verdon au relais de la Mescla. Au niveau de la confluence, les gorges de l'Artuby sont nettement plus pentues (53 ‰) que celle du Verdon. Ce retard dans le creusement (marqué par des cascades) s'explique par l'intermittence de l'écoulement (NICOD, 1967).

GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE

L'Artuby draine un bassin versant essentiellement constitué de terrains calcaires du jurassique supérieur (Portlandien) très perméables (NICOD, 1967).

Le réseau karstique est très développé sur tout le Plan de Canjuers. C'est lui qui détermine le paysage général du Plan (vallées sèches, grottes, avens, bassins fermés, lapiès réduits à de simples ciselures, champs de dolines...).

L'Artuby est le seul écoulement superficiel du Plan. Les pertes de l'Artuby se situent essentiellement au niveau du pont de Chardan en deux points :

- au droit du Jas (environ 500 m en amont du pont), la disparition se fait à travers des dalles de calcaire ;

- quelques mètres en aval du pont de Chardan (NICOD, 1967).

En été, nous avons observé une rivière en eau jusqu'à l'aval du pont du Jas (environ 400 m) puis quelques trous en eaux entre Chardan et le pont de la D 955.

Lors de la remise en eau automnale (en général au mois de septembre), l'Artuby qui peut à nouveau franchir le pont Chardan se perd une nouvelle fois au niveau des Combes (1 Km en aval). L'Artuby atteint le Verdon pour un débit supérieur à 850 l.s⁻¹ à Taulanes.

Plus de 300 l.s⁻¹ disparaissent alors à Chardan, beaucoup plus lors des crues (NICOD, 1967).

On estime que les pertes de l'Artuby correspondent à un module annuel de 5 m³.s⁻¹ dont 4,5 serviraient à alimenter la résurgence de Fontaine l'Evêque (soit 65 % de son débit), située à l'heure actuelle sous la surface de la retenue de Sainte-Croix (sur le Verdon).

HYDROLOGIE - CLIMATOLOGIE

L'Artuby est un cours d'eau de type pluvial méditerranéen. Son assèchement estival est dû aux actions conjuguées de la pénurie en eau caractéristique de la région méditerranéenne, de l'absorption du karst, de l'évapotranspiration et de l'évaporation supplémentaire due à une brise locale sur le plan de Canjuers (GREGOIRE, 1981).

La phase humide débute avec les pluies d'automne. Il est à noter que les cours d'eau temporaires varois, étudiés par LEGIER (1984), présentaient lors de leur phase humide, les mêmes caractéristiques physico-chimiques que les cours d'eau permanents voisins.

Lors de notre étude, une importante crue a touché l'Artuby lors de l'automne 96, interdisant l'accès à la rivière pendant plusieurs semaines.

SITUATION BIOLOGIQUE

Comme tout cours d'eau temporaire, l'étiage estival sévère a un impact sur les communautés aquatiques.

LEGIER & TALIN (1975) et LEGIER (1984) ont étudié des cours d'eau temporaires de la Provence calcaire, analogues à l'Artuby. Ces auteurs ont montré que l'écosystème des ruisseaux temporaires est un écosystème jeune et évolutif. A chaque mise en eau, une communauté animale s'installe et sa complexité structurale s'accroît dans le temps, la période en eau étant de trop courte durée pour permettre aux communautés de se développer jusqu'à un équilibre, un "climax".

ECHANTILLONNAGE

Nous avons choisi d'étudier très précisément un secteur de rivière déterminé, puis de faire des pêches de prospection sur une partie plus importante de rivière. Cette stratégie nous permet à la fois de comparer les résultats dans le temps (sur la station de référence) et dans l'espace.

Stations d'étude

Lors de notre étude, environ 6 km de rivière ont été prospectés : de l'aval du pont de la D955 qui coupe l'Artuby au niveau de Guent jusqu'au niveau de la chapelle Notre Dame (voir Figure 1, secteur délimité par les deux flèches rouges). Ce secteur d'étude est intégralement inclus dans l'enceinte du camp militaire de Canjuers.

En été, la partie située en aval du pont de Chardan n'est pas en eau, seules quelques vasques le sont encore.

Station de référence

Cette station est située immédiatement en aval du pont du Jas. Longue de 134 m et d'une largeur comprise entre 3 et 10 m, cette station est intéressante du fait de son isolement aux deux extrémités par des radiers rapides de faible profondeur interdisant le passage des poissons ayant échappé à la pêche. La profondeur n'excède pas 1,20 m, assurant ainsi une bonne efficacité de la méthode de pêche.

La figure 1 nous montre la topologie générale de cette station.

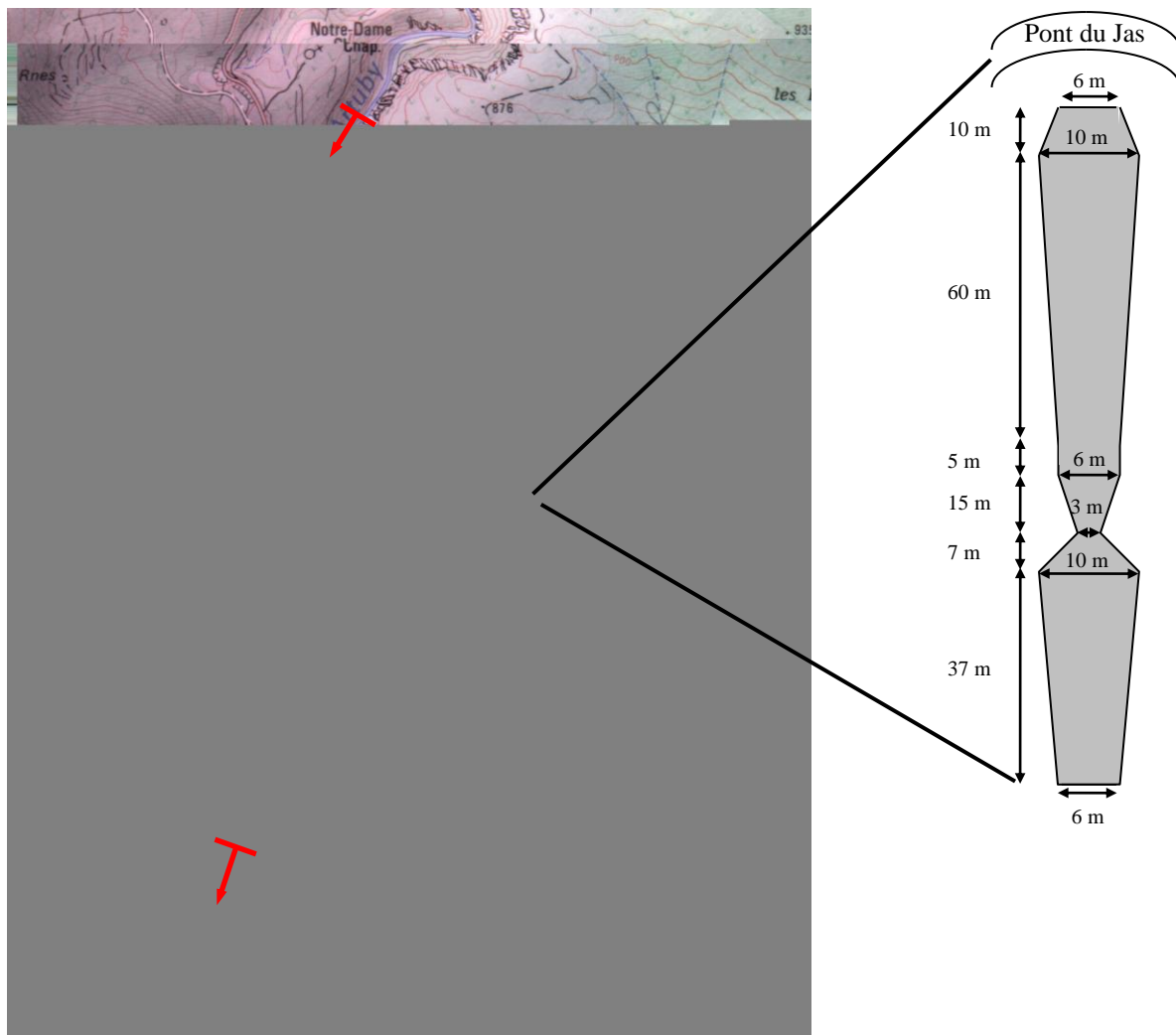


Figure 1 : situation de la station de référence au sein de la zone d'étude.

Prélèvements d'invertébrés

Pour étudier le compartiment vivant de la rivière, notamment les invertébrés benthiques, servant de base à l'alimentation de l'ichtyofaune, chaque campagne de pêche a été accompagnée par une série de prélèvements benthiques à l'aide d'un surber (Figure 2) selon la norme Afnor NF T 90-350 :

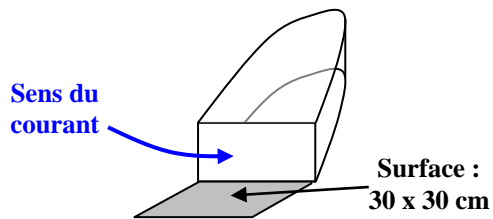


Figure 2 : schéma du filet Surber utilisé pour le prélèvement des insectes.

Connaître les invertébrés présents dans la rivière est indispensable à l'étude de l'alimentation de l'ichtyofaune.

Prélèvements de poissons : pêche électrique

La technique utilisée pour le prélèvement des poissons est la pêche électrique. Cette technique a été choisie pour sa facilité de mise en œuvre, sa souplesse d'utilisation et parce qu'elle préserve la vie des poissons, critère essentiel pour une étude suivie dans le temps.

Sur le terrain, un groupe électrogène est relié à un transformateur-redresseur (le "Héron") délivrant un courant réglable (de 100 à 600 volts pour une intensité allant jusqu'à 5 ampères). Deux électrodes sortent du transformateur : une cathode (grille métallique immergée) et une anode (disque conducteur situé à l'extrémité d'une perche).

Selon la distance qui sépare l'anode du poisson, plusieurs effets peuvent avoir lieu (voir Figure 3).

Le mode d'action au niveau neuro-musculaire a été décrit par LAMARQUE ET CHARLON, 1973 (in PERSAT 1988).

Nous avons également utilisé un matériel portable nous permettant d'accéder à des secteurs de rivières plus isolées (petites gorges, pas de chemin à proximité...). Ces zones sont pour l'essentiel les vasques encore en eau en aval du pont de Chardan et les zones difficiles d'accès situées en amont du pont du Jas, jusqu'au niveau de Notre Dame.

Ce matériel (le Martin-pêcheur) à un rendement plus faible que le Héron mais suffisant pour des pêches de prospection.

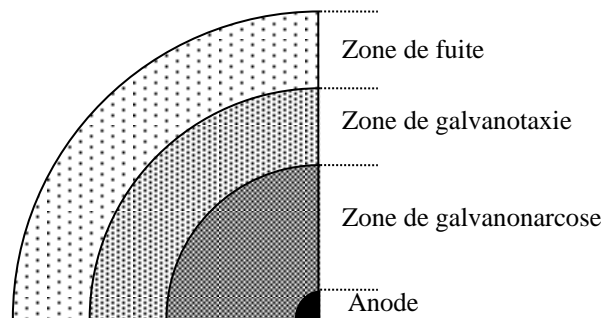


Figure 3 : schéma d'action de la pêche électrique (d'après PERSAT, 1988).

PRESENTATION DU *PACHYCHILON PICTUM*

DISTRIBUTION ORIGINELLE

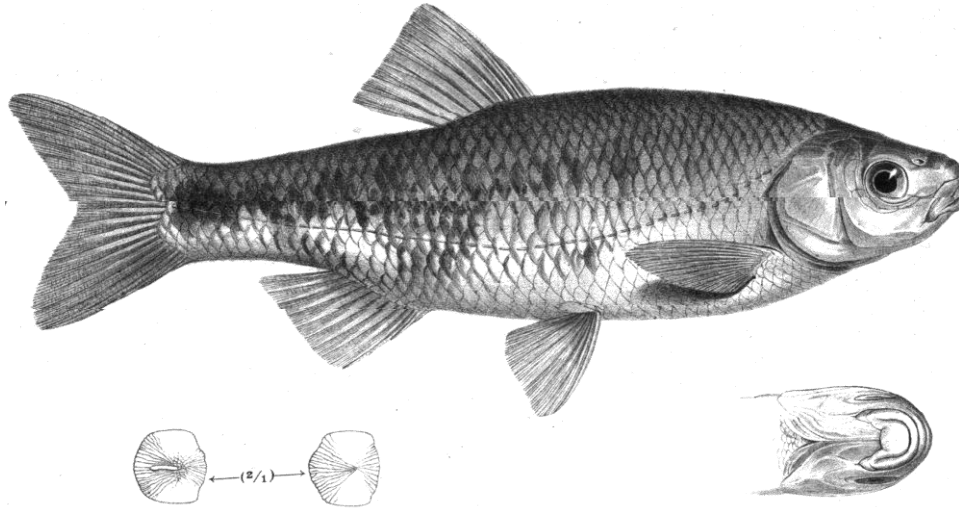


Figure 4 : représentation du *Pachychilon pictum* (STEINDACHNER, 1882).

Le *Pachychilon pictum* (Figure 4) est un poisson dont la distribution originelle se situe dans les Balkans de l'Ouest (BANARESCU 1964, BLANC *et al* 1971, WIENFIELD & NELSON 1991). Il était unanimement considéré comme endémique de cette zone (STANKOVIC 1955, BANARESCU 1964, BLANC *et al* 1971, WIENFIELD & NELSON 1991, CRIVELLI 1996) et plus particulièrement du système Ohrid-Drim-Skadar par de nombreux auteurs (KARAMAN 1972, MARIC 1995) (voir Figure 5).

Les premiers spécimens ont été décrits à partir d'individus prélevés dans des populations de la rivière Rijeka, Monténégro (HECKEL et KNER 1858, GÜNTHER 1868, STEINDACHNER 1882).

Plus tard, VLADYKOV & PETIT (1930) signalent sa présence dans la rivière Tushémiste.

Par la suite, les études ont essentiellement porté sur des poissons de lac. Il est à noter que les lacs Ohrid et Skadar ont des caractéristiques très différentes. Le premier est un lac oligotrophe essentiellement peuplé de *Salmonidae* tandis que le second a un niveau trophique nettement supérieur favorisant le développement de nombreuses espèces de *Cyprinidae* (CRIVELLI, *comm pers*).

HISTORIQUE

La bibliographie spécifique nous apprend que ce poisson, décrit pour la première fois par HECKEL et KNER (1858) sous le nom de *Squalius pictus*, a fait l'objet de maints remaniements taxinomiques.

L'historique du genre *Pachychilon* présenté si dessous est révélateur des problèmes systématiques posés par ce poisson :

1858	HECKEL et KNER	<i>Squalus pictus</i>
1868	GÜNTHER	<i>Leuciscus pictus</i>
1882	STEINDACHNER	<i>Leuciscus (P. subg.) pictus</i>
1924	KARAMAN	<i>Pachychilon pictum</i>
1926	MUNDA	<i>Leuciscus aula</i>
1930	VLADYKOV & PETIT	<i>Pachychilon pictum</i>

Depuis la date de ce dernier article, tous les auteurs (BANARESCU, DELMASTRO, IVANOVIC, KARAMAN, MARIC, MAITLAND, SORIC, STANKOVIC, VUKOVIC,...) semblent accepter cette nomination.

CONNAISSANCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cette espèce a fait l'objet de relativement peu de publications, par rapport à d'autres *Cyprinidae* (comme les chevaines, par exemple).

Les systématiseurs du XIX^{ème} et du début du XX^{ème} siècle ont contribué à la connaissance de cette espèce (HECKLE & KNER 1858, GÜNTHER 1868, STEINDACHNER 1882, KARAMAN 1924). Une synthèse de leurs travaux est présentée page 8.

Sa distribution est présentée dans de nombreux ouvrages "catalogues" présentant l'essentiel des espèces européennes (BANARESCU 1964, BLANC *et al* 1971, MAITLAND 1972, MUUS & DAHLSTROM 1967).

Les travaux spécifiques sur le *Pachychilon pictum* sont rares. Deux auteurs ont étudié plus précisément le pachychilon. IVANOVIC fut le premier (1970, 1973, VUCOVIC & IVANOVIC 1971) ; SORIC, le second (1982, 1983 a, 1983 b, 1984 a et 1984 b, 1990).

Ces deux auteurs ont étudié ses caractères méristiques, sa répartition, sa gamétogénèse ; SORIC a également essayé de quantifier sa croissance et son alimentation.

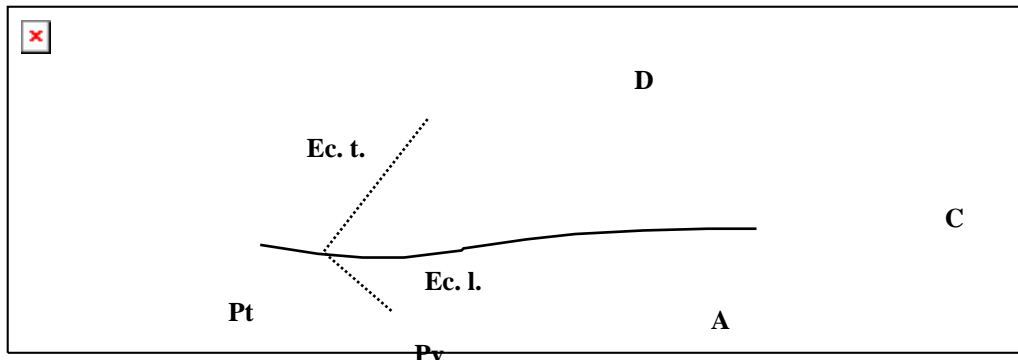
En 1973, KITCHEL *et al* ont étudié l'assimilation des algues filamenteuses par les poissons du lac Skadar, parmi les *Cyprinidae* étudiés figurait le pachychilon.

Les connaissances de cette espèce en milieu lotique sont rares (SORIC, 1982) et ne concernent qu'une rivière de grande taille (le Drim Blanc).

LE *PACHYCHILON PICTUM* DANS L'ARTUBY

Nous pouvons nous demander comment le *Pachychilon pictum* a pu coloniser une rivière comme l'Artuby à partir d'une distribution originelle pourtant fort éloignée. La seule explication plausible est une introduction accidentelle à partir d'un lot de *Cyprinidae* (principalement des goujons) provenant des Balkans, suite à une pollution chimique de la rivière par une distillerie de lavande (dans les années 1990). De nombreux témoignages oraux de pêcheurs locaux vont en ce sens.

CARACTERES MERISTIQUES



CARACTERES EXTERNES

- A** est le nombre de rayon rameux de la nageoire anale ;
- C** est le nombre de rayon rameux de la nageoire caudale ;
- D** est le nombre de rayon rameux de la nageoire dorsale ;
- Pt** est le nombre de rayon rameux de la nageoire pectorale ;
- Pv** est le nombre de rayon rameux de la nageoire pelvienne ;
- Ec. long.** est le nombre d'écailles sur la ligne latérale (écailles possédant un canal sensoriel) ;
- Ec. transv.** correspond respectivement aux nombres d'écailles présentes au-dessus et au-dessous de la ligne latérale. "+1" représente l'écaille portée par la ligne latérale.

CARACTERES INTERNES

- Dent. phar.** représente le nombre de dents pharyngiennes. Chez le pachychilon, elles sont portées sur un seul rang.
- Branch.** est le nombre de branchiospines du premier arc branchial.

Figure 6 : fiche présentant les caractères méristiques étudiés.

De nombreux caractères morphologiques sont utilisés pour la systématique des poissons. Ces caractères sont généralement des caractères suivant des variables discrètes (caractères méristiques). Les caractères plastiques, suivant des variables continues, ne sont généralement pas pris en compte pour la systématique. En revanche, ils tiennent une place prépondérante dans les études portant sur la croissance (allométrie chez les poissons).

Les mesures effectuées sur les *Pachychilon pictum* sont illustrées sur la fiche descriptive ci-dessus.

Pour tous ces caractères méristiques (figure 6) seront mentionnés :

- l'effectif sur lequel a porté l'étude ;
- la moyenne, l'écart-type ;
- le mode (valeur la plus fréquente) ;
- le coefficient de variation ($CV = 100 \frac{S}{\bar{X}}$) ;

il sert à mesurer l'homogénéité de l'échantillon (MAYR & ASHLOCK, 1969). La variation ne doit pas dépasser 7 % chez les téléostéens pour que la population soit considérée comme homogène (GERY 1962).

Le poisson (Téléostéen) étudié a un corps ovalaire recouvert d'écailles cycloïdes (\neq *Bleniidae*, *Cottidae*). Sa tête oblongue porte des pièces operculaires non écailleuses. Sa mâchoire n'est pas recouverte de dents (\neq *Umbridae*) mais il possède des dents pharyngiennes. Notons que sa bouche ne porte aucun barbillon (\neq *Bagridae*, *Cobitidae*, *Siluridae*). Ses nageoires pelviennes (\neq *Anguillidae*), en position abdominale (\neq *Gadidae*, *Centrarchidae*, *Percidae* et *Serranidae*) sont séparées (\neq *Gobiidae*) et présentent plusieurs rayons rameux (\neq *Gasterosteidae*).

De plus, il possède une nageoire dorsale unique (\neq *Mugilidae*, *Atherinidae*, *Salmonidae*, *Osmeridae*) positionnée en avant de l'anale (\neq *Esocidae*, *Poecilidae*, *Cyprinodontidae*). Il est à noter que ce poisson ne possède pas de carène ventrale (\neq *Clupeidae*).

Les caractères sus-cités nous forcent à conclure que le poisson étudié est un *Cyprinidae*.

D'après les caractères méristiques, présentés si dessus, l'espèce n'est pas présente dans la Faune de

France (SPILLMANN, 1961). Cependant, ces caractères la rapprochent des Chondrostomes (elle s'en diffère par son péritoine clair), des *Leuciscus* (dents pharyngiennes sur deux rangs : 5+2) et de *Rutilus rutilus*.

Sa coloration spécifique et la forme de sa bouche, très caractéristiques, l'éloignent de ces deux derniers genres.

L'utilisation d'autres clefs de déterminations (MAITLAND, 1972, MUSS B. J. & DAHLSTRÖM P., 1967) nous indique qu'il s'agit de *Pachychilon pictum*. MAITLAND (1972) le distingue des autres *Cyprinidae* par le fait qu'il combine les caractères suivants :

- la dorsale a moins de 14 rayons rameux ;
- l'anale n'a pas de rayon serratulé ;
- le premier rayon de la dorsale, bien distinct, est plus court que le second ;
- ses lèvres sont épaisses.

Résultats

Les caractères méristiques ont été mesurés conformément à SPILLMANN (1961). L'étude a porté sur 49 individus (voir tableaux I et I bis).

	Ana	Cau	Dor	Pt	Pv
Moyenne	9,633	19,29	8,694	13,51	7
<i>Écart-type</i>	0,528	0,54	0,508	0,938	0,408
Médiane	10	19	9	13	7
<u>Mode</u>	<u>10</u>	<u>19</u>	<u>9</u>	<u>13</u>	<u>7</u>
CV	5,48	2,8	5,85	6,94	5,83
Minimum	8	19	7	12	6
Maximum	10	21	9	15	8

Tableau I : caractères méristiques : résultats.

	EcL	Ect>	Ect<	DP	Bran
Moyenne	42,1	7,98	3,041	5	9,939
<i>Écart-type</i>	1,342	0,143	0,2	0	0,429
Médiane	42	8	3	5	10
<u>Mode</u>	<u>42</u>	<u>8</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>10</u>
CV	3,19	1,79	6,57	0	4,31
Minimum	39	7	3	5	9
Maximum	46	8	4	5	11

Tableau I bis : caractères méristiques : résultats (suite).

On peut remarquer que, pour tous les caractères étudiés, la variation ne dépasse pas le seuil de 7 % ; on peut donc considérer que la population, pour les caractères étudiés, est homogène (GERY 1962). Ceci n'est pas surprenant dans la mesure où l'introduction a dû être effectuée avec un nombre limité d'individus.

Diagnose

La diagnose de la population de *Pachychilon pictum* de l'Artuby est la suivante :

Ec. long. (39) 41-45 (46) ; Ec. transv. (7) 8 / 3 (4) + 1 ; Dents phar. 5 ; Branch. (9) 10 (11).
 D = II-III / (7) 8-9 ; A = II / (8) 9-10 ; Pt = I / 12-15 ;
 Pv = I / (6) 7 (8) ; C = 19-20 (21).

Les résultats sont conformes à ceux relevés dans la littérature (tableau II).

AUTEURS, milieu	Caractères méristiques										
	N	A	C	D	Pt	Pv	V	Ec. L	Ec. T	Br.	D. P.
Etude présente, Artuby	49	II / (8) 9-10	19-21 (21)	II-III / (7) 8-9	I / 12-15	I / (6) 7 (8)		(39) 41-45 (46)	(7) 8 / 3 (4) +1	(9) 10 (11)	5
DELMASTRO & BALMA, 1990, Aaos	3	9		8		7		41-43	9 / 4 + 1	10-12	
DELMASTRO & BALMA, 1990, Serchio	12	8-9		8		6-7		40-44	8-10 / 4-5 + 1	7-12	
HECKLE & KNER, 1858, Rieka	2	III / 9-10		II / 8				42-44	8-9 / 3		
GUNTHER, 1880, Rieka		11-12		11		8		43-44	8 / 6 + 1		
KARAMAN S., 1924 in V-P		III / 8-9		III / 8	I / 15	II / 7-8	37-38	41-43	8 / 3		5
KARAMAN S., 1972	5	III / 9-10		III / 8-9				42-46			
RACKAJ N.	50	III / 8-10		III / 7-9	I / 11-14	II / 7	38	37-45		10-11	
SORIC V. M., 1983 (I)		III / 8-10	16-18	III / 7-12	I / 11-16	II / 7-8	34-38	40-49	7-10 / 3-4	9-14	(4) 5-5 (6)
STEINDACHNER, 1882, Rieka		11-12		10-11				42-46	8-9 / 2-3 +1		
VLADYKOV & PETIT, 1930	3	III / 8		III / 8				40-41			
VUKOVIC & IVANOVIC, 1971		III / 8-10		III / 7-9	I / 11-14	II / 7	34-38	40-47	7-9 / 2-4	9-14	

Tableau II : les caractères méristiques du *Pachychilon pictum* : données de la littérature.

BIOLOGIE / ECOLOGIE

$$\frac{n_1^2(n_1-n_2)^2}{n_2^2(n_1+n_2)} \geq 16$$

avec n_1 et n_2 les effectifs prélevés lors du premier et du second passage (SEBER, 1982).

DENSITE

La station d'étude choisie nous permet, par ses caractéristiques (largeur et profondeur modérées, présence de radiers en amont et en aval empêchant la fuite des poissons), d'utiliser des méthodes d'estimation des effectifs. Les méthodes utilisées se basent sur des pêches successives sans remise à l'eau (entre les pêches) des poissons prélevés (les poissons sont maintenus vivants dans de grandes caisses en matière plastique laissant passer le flux d'eau pour permettre leur oxygénation).

Cette méthode nous permet de vérifier l'efficacité de la pêche sur les différentes espèces du milieu.

Méthode de DE LURY

Cette méthode se base sur l'efficacité de la pêche. Lors de deux pêches successives, cette efficacité doit être constante et suffisamment élevée pour que la méthode soit applicable.

La constance de l'efficacité est possible si, sur le terrain, les prélèvements suivent le même protocole à chaque passage. L'efficacité est jugée comme suffisante lorsque l'équation suivante est vérifiée :

On peut alors exprimer l'effectif estimé \tilde{N} de l'espèce considérée pour la station échantillonnée et son écart-type $\sigma\tilde{N}$ par :

$$\tilde{N} = \frac{n_1^2}{n_1 - n_2} \text{ et } \sigma\tilde{N} = \frac{n_1 \cdot n_2 \sqrt{n_1 + n_2}}{(n_1 - n_2)^2}$$

L'écart-type étant connu, nous calculerons l'intervalle de confiance (avec un risque α de 0,05 %) autour de l'effectif estimé N .

Méthode de Carle et Strub, 1978

Cette méthode ne se base pas sur l'hypothèse d'une probabilité de capture constante. Cette méthode calcule l'effectif estimé de la population par itération. Cette technique, "gourmande" en calculs, n'a pu se développer qu'avec les progrès des micro-ordinateurs.

Nous avons utilisé le programme que donne GERDEAU (1987) pour l'utilisation de cette méthode.

Résultats

Le tableau III présente l'estimation des espèces présentes sur la station de référence (qui fait 1000 m²).

Période	Espèce	n_1	n_2	\tilde{N} De Lury	IC De Lury	\tilde{N} Carle et Strub	IC Carle et Strub
28 août 96	Bam	12	7	*	*	25	12<N<38
	Bln	26	20	*	*	88	10<N<166
	Che	212	142	642	415<N<869	630	418<N<852
	Gou	130	127	*	*	1436	-639<N<3511
	Pac	21	10	40	21<N<59	38	25<N<51
	Trf	8	8	*	*	33	-9<N<75
	Vai	4	6	*	*	24	-12<N<60
31 mai 97	Bam	10	3	14	10<N<19	14	11<N<17
	Bln	44	27	*	*	108	55<N<161
	Che	85	17	106	100<N<112	106	100<N<112
	Gou	364	212	872	715<N<1029	867	711<N<1023
	Pac	1	1	*	*	2	N = 2
	Trf	16	0	*	*	*	*
	Vai	9	2	12	9<N<14	11	N = 11

Tableau III : estimation du peuplement par pêches successives sur la station de référence.

Le faible effectif capturé lors de la première pêche pour les campagnes de février et de novembre 97, nous a incité à préférer prospecter une plus grande portion de rivière plutôt qu'à faire une seconde pêche sur la station de référence.

Les résultats des pêches des quatre campagnes de prélèvement sont présentés dans le tableau IV.

	août-96	févr-97	juin-97	nov-97	%
Truite Fario	16	2	16	6	2,13
Barbeau méridional	19	0	13	2	1,81
Blageon	46	22	71	31	9,07
Chevaine	354	6	102	34	26,47
Goujon	257	15	576	201	55,98
Pachychilon	31	0	2	1	1,81
Vairon	10	2	11	28	2,72

Tableau IV : part de chaque espèce dans le peuplement.

Pour l'étude de l'alimentation, nous avons choisi (en plus du pachychilon), trois autres espèces se rapprochant par divers critères (taille, comportement...) du pachychilon.

Le choix des individus de ces trois autres espèces a porté sur la taille : nous avons choisi des poissons de tailles semblables à celles des individus pachychilon.

La figure 7 nous montre les spectres de taille des poissons utilisés pour l'étude de l'alimentation :

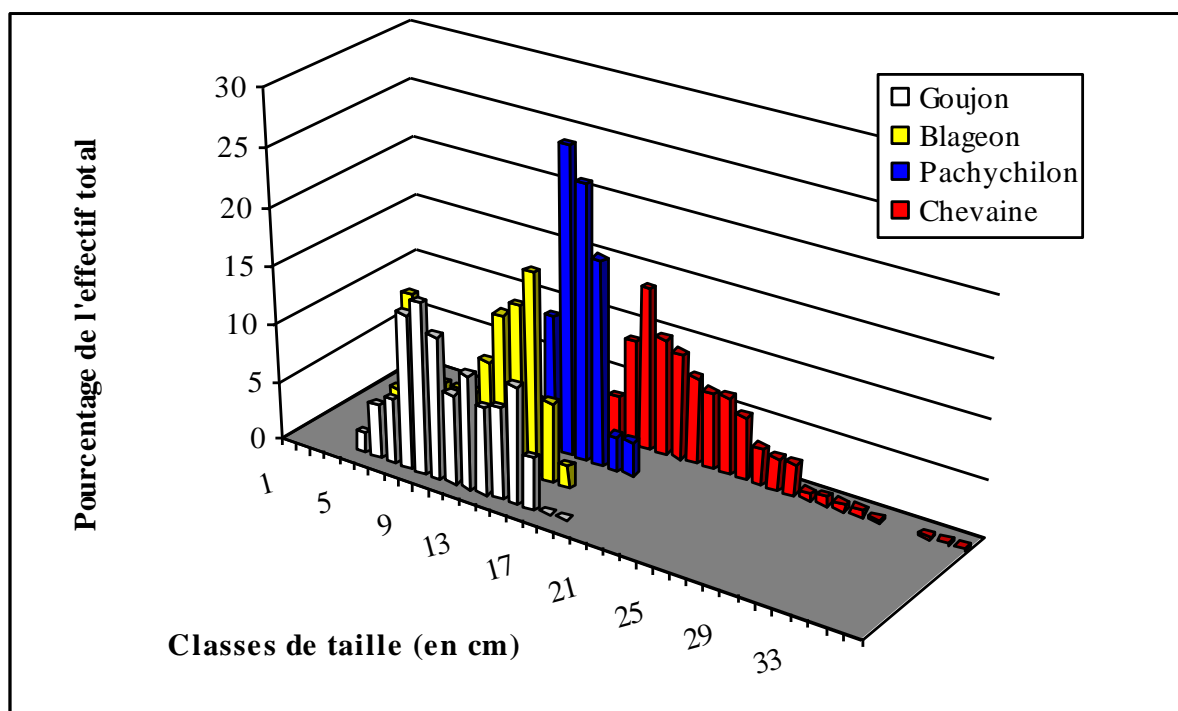


Figure 7 : classe de taille des poissons utilisés pour l'étude de l'alimentation.

ALIMENTATION

L'alimentation est indispensable pour compenser les pertes dues au fonctionnement de l'organisme (respiration, mouvements...) et pour élaborer sa propre matière.

Si la reproduction détermine l'expansion d'une espèce dans un milieu, c'est l'alimentation qui contrôle la survie de cette espèce dans le dit milieu. Il est donc intéressant d'étudier ce que consomme le *Pachychilon pictum* dans des milieux fort différents de son milieu originel.

Un autre aspect de l'alimentation est la compétition interspécifique qui détermine le devenir de l'espèce (expansion, stagnation ou disparition). Afin d'étudier cette compétition éventuelle, nous étudierons le régime alimentaire des trois autres espèces dominantes du milieu (Chevaine, Goujon et Blageon). La littérature relate divers travaux sur l'alimentation de ces espèces (PHILIPPART 1972, CHAPPAZ *et al* 1989...), c'est pourquoi il sera intéressant de comparer nos résultats à ceux de la littérature.

L'étude sera quantitative (masse du bol alimentaire, nombre de proies...) et qualitative (détermination des aliments). Cette notion est très importante : l'absence de certaines proies peut entraîner des problèmes de développement (BERG, 1979).

Méthodologie

Détermination des aliments

Les Cyprinidés possèdent des dents pharyngiennes qui broient les aliments afin de faciliter leur digestion. Les dents pharyngiennes compliquent la détermination des proies : les macro-invertébrés consommés ne sont souvent présents que sous forme de fragments. Les parties sclérifiées restent souvent en bon état, cela permet leur détermination.

L'observation se fait sous une loupe binoculaire. Les déterminations se basent sur les clefs de déterminations données par TACHET *et al* (1980).

Pesée des contenus stomacaux

La pesée du contenu stomacal se fait par différence entre la masse de l'estomac plein et vide. La précision de la pesée est de l'ordre du milligramme.

Les proies sont pesées après séchage sur papier filtre (CHAPPAZ, 1986). Si certains auteurs préconisent l'utilisation du poids sec (WINDELL, 1971), notre technique a l'avantage d'être plus simple à appliquer (au-dessus de 80°C, certains lipides volatils s'évaporent, HYSLOP, 1980) et donne des résultats cohérents (GLENN & WARD, 1968 *in* ROSECCHI & NOUAZE, 1985).

Traitement numérique des résultats

Le traitement doit permettre des comparaisons entre diverses espèces (ou études). De nombreux auteurs (GEISTDOERFER, GEOGE & HADLEY, HUREAU, LAUZANE, PINKAS, ZANDER... *in* ROSECCHI & NOUAZE, 1985) ont mis au point des indices et des rapports permettant ces comparaisons. Les indices et les taux que nous avons choisis prennent en compte la qualité et la quantité des proies ; ils servent à mesurer les similitudes alimentaires.

Occurrence

C'est le pourcentage d'estomac contenant la proie considérée (c'est une fréquence d'apparition) :

$$\% \text{ Oci} = \frac{\text{nombre d'estomacs contenant l'item } i}{\text{nombre d'estomacs non vides}} \times 100$$

Fréquence relative

C'est le pourcentage d'une proie donnée par rapport à l'ensemble des proies :

$$\% \text{ Ni} = \frac{\text{nombre d'individus de l'item } i}{\text{nombre total d'individus}} \times 100$$

Ce rapport tend à surestimer les petites proies et à sous-estimer celles qui se digèrent rapidement (CHAPPAZ, 1986). Chez les *Cyprinidae*, il est délicat d'estimer le nombre de proies exact à cause de la mastication (HYSLOP, 1980).

Coefficient de réplétion (SMILY 1952)

Le coefficient de réplétion est toujours plus élevé chez les petits poissons n'ayant pas des gonades très développées que chez les matures. Il est donné par le rapport suivant :

$$R = \left(\frac{\text{poids du contenu stomacal}}{\text{poids total du poisson}} \right)$$

Coefficient de vacuité

Il correspond au rapport suivant :

$$\text{Vacuité} = \frac{\text{nombre d'estomacs vides}}{\text{nombre d'estomacs examinés}}$$

Une faible valeur pour le coefficient de vacuité correspond soit à un manque d'aliment (pénurie), soit à un comportement alimentaire (CHAPPAZ, 1986).

Compétition interspécifique

La façon la plus simple pour la mettre en évidence est de comparer les occurrences d'un item *i*. Lorsqu'elles dépassent 25 % chez deux espèces, il y a compétition.

Pour analyser les chevauchements alimentaires, la largeur de niche alimentaire, de LEVINS (1968) peut être utilisée :

$$r = \left(\sum_{i=1}^n (F_{ai})^2 \right)^{-1}$$

F_{ai} étant les fréquences relatives d'une nourriture *i* (*i* allant de 1 à *n*) pour les espèces "a".

L'indice *O* de PIANKA (1973), indice de chevauchement symétrique, peut être utilisé pour comparer l'alimentation de deux espèces ou comparer le stock alimentaire disponible dans le milieu (nourriture disponible) avec la nourriture réellement ingérée.

$$O_{a,b} = \frac{\sum_{j=1}^r p_{aj} \times p_{bj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^r p_{aj}^2 \times \sum_{j=1}^r p_{bj}^2}} \quad \text{avec } p_{aj} \text{ et } p_{bj} \text{ les}$$

fréquences d'utilisation des proies de type *j* par les espèces A et B au temps *i*.

Résultats

L'analyse des contenus stomacaux des quatre espèces dominantes (chevaines, blageons, goujons et pachychilons) montre des régimes alimentaires variés et exclusivement carnassiers. Les goujons, blageons et chevaines présentent ici un régime benthophage connu (CHAPPAZ *et al* 1990, CHAPPAZ & BRUN 1993).

Le pachychilon est un grand consommateur de *Chironomidae*, et de coléoptères pendant la saison estivale, ce régime est voisin de celui observé sur le

Drim Blanc (SORIC, 1982), mais très différent de son comportement planctonophage sur le lac Skadar (IVANOVIC, 1973).

Les coefficients de vacuité et de réplétion (tableau V) sont très comparables entre les quatre espèces et ils sont plus faibles en période hivernale.

		août-96	févr-97	juin-97	nov-97	
Bln	Vacuité (%)	100	58,333	93,333	100	
	Replétion	\bar{x}	1,143	0,364	1,046	0,999
		s	0,597	0,467	0,459	0,811
Gou	Vacuité (%)	90	42,857	93,333	57,143	
	Replétion	\bar{x}	0,701	0,616	0,534	0,823
		s	0,227	0,364	0,377	0,803
Che	Vacuité (%)	85,714	40	100	100	
	Replétion	\bar{x}	1,194	0,369	2,312	1,977
		s	0,564	0,631	1,814	1,980
Pac	Vacuité (%)	95,455	0	95	60	
	Replétion	\bar{x}	0,637	-	0,326	2,412
		s	0,303	-	0,278	4,541

Tableau V : coefficient de vacuité et de réplétion (SMILY, 1952)

Les deux individus *Pachychilon* capturés en février avaient leur tube digestif entièrement vide. Le faible effectif ne permet pas d'en tirer de conclusions.

L'indice d'ELLIOT (1972), correspondant au nombre de proies pour 10 g de poids somatique, est également peu différent entre les espèces sauf en période estivale où le pachychilon est plus vorace.

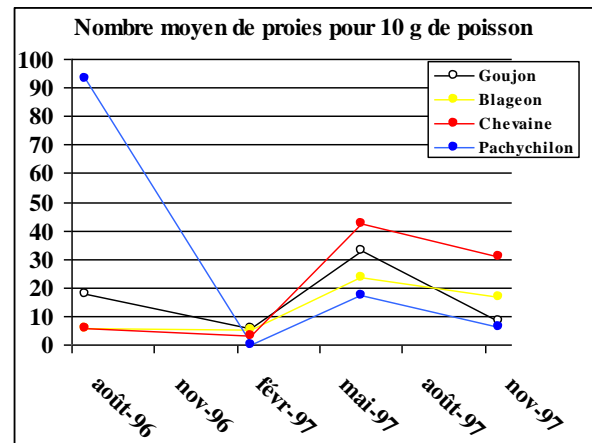


Figure 8 : indice d'ELLIOT, 1972

La largeur de la niche alimentaire (tableau VI) est maximale au cours de la belle saison. Au mois de novembre, la largeur est faible et les proies consommées sont sensiblement les mêmes pour toutes les espèces. Ceci se traduit par une valeur de l'indice de chevauchement de PIANKA élevée.

	août-96	févr-97	juin-97	nov-97
Bln	4,03	2,62	3,72	1,33
Gou	1,55	1,44	1,16	1,31
Che	3,32	2,98	4,43	1,49
Pac	1,18	-	5,94	1,22

Tableau VI : largeur de la niche alimentaire (LEVINS, 1968)

L'indice de PIANKA, présenté dans le tableau VII, montre que le régime alimentaire du pachychilon présente de grandes similitudes avec celui du goujon (été, automne), du blageon (automne) et du chevaine (printemps, automne).

En automne, les spectres alimentaires sont plus réduits et la forte concurrence observée repose sur les diptères *Chironomidae*. Cette concurrence s'explique non pas par le manque de nourriture disponible dans le milieu mais plutôt par une sélection d'une petite gamme de proies pour les quatre espèces. Cela peut être vérifié par les faibles valeurs de chevauchement entre le milieu et les poissons pour le mois de novembre (voir à droite).

août-96

Milieu	1				
Bln	-	1			
Gou	-	0,668	1		
Che	-	0,241	0,078	1	
Pac	-	0,603	0,992	0,035	1
	Milieu	Bln	Gou	Che	Pac

févr-97

Milieu	1				
Bln	0,952	1			
Gou	0,998	0,958	1		
Che	0,366	0,355	0,376	1	
Pac	-	-	-	-	1
	Milieu	Bln	Gou	Che	Pac

juin-97

Milieu	1				
Bln	0,326	1			
Gou	0,160	0,504	1		
Che	0,869	0,357	0,473	1	
Pac	0,751	0,342	0,287	0,880	1
	Milieu	Bln	Gou	Che	Pac

nov-97

Milieu	1				
Bln	0,030	1			
Gou	0,040	0,998	1		
Che	0,026	0,999	0,995	1	
Pac	0,018	0,997	0,998	0,995	1
	Milieu	Bln	Gou	Che	Pac

Tableau VII : indice de chevauchement de PIANKA (1973) : chevauchements interspécifiques et chevauchements espèces-milieu.

La figure 9 nous montre la fréquence des proies pour les quatre espèces étudiées lors des quatre périodes.

L'importance des diptères (en particulier des *Chironomidae* et des *Simuliidae*) est frappante.

Au delà du nombre de proies, il ne faut pas sous-estimer l'importance de certains taxons, comme les *Hydropsychidae*. Bien que leurs fréquences d'apparition dans les estomacs soient faibles, leurs tailles importantes contribuent à apporter une part non négligeable des ressources vitales.

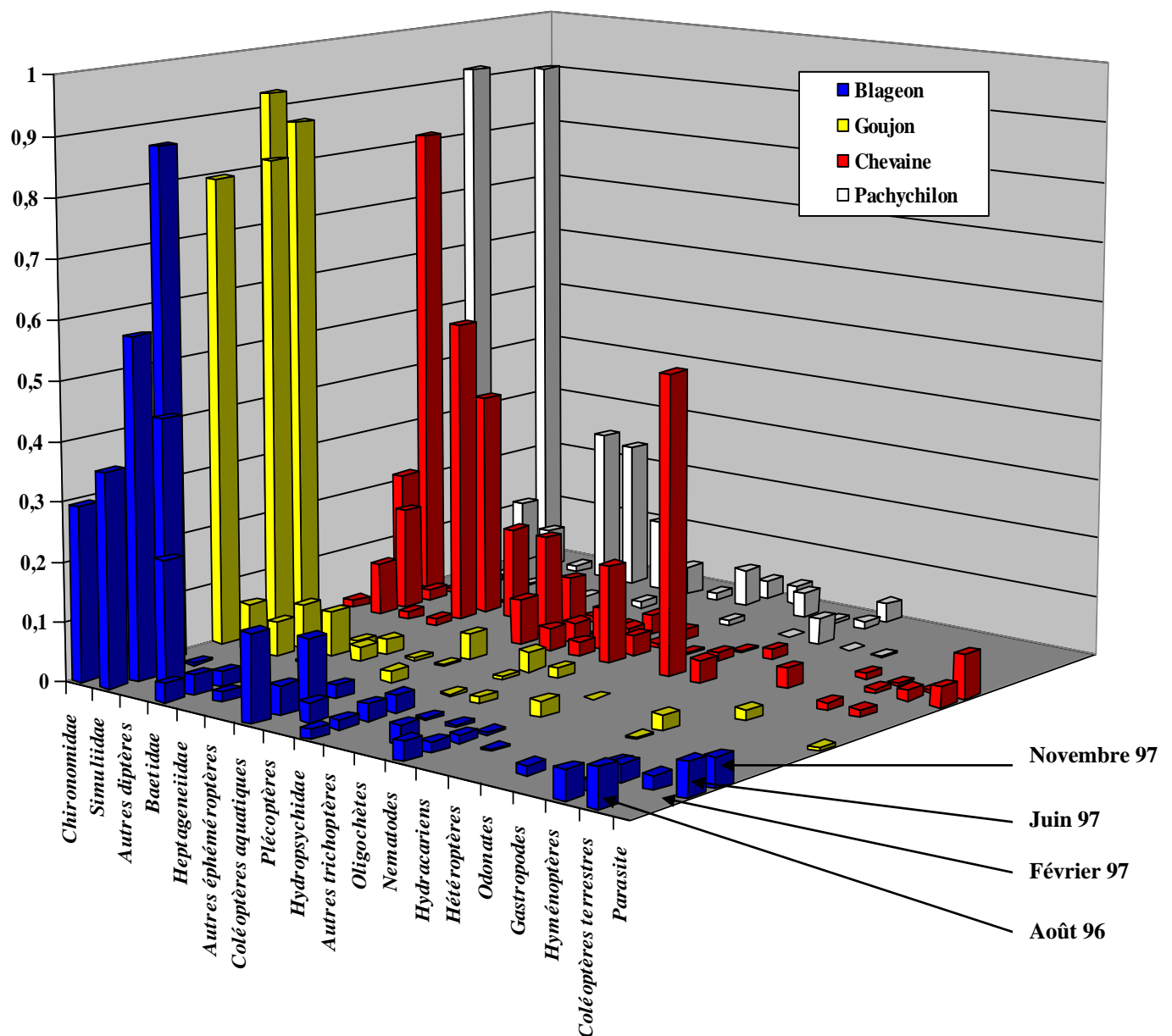


Figure 9 : fréquences des proies contenues dans les estomacs des quatre espèces étudiées pour les quatre périodes.

CROISSANCE

Méthodologie

Mesure de la taille

Dans la littérature, trois types de mesure de taille reviennent régulièrement :

- la longueur standard (**Ls**) ;
- la longueur à la fourche (**Lf**) ;
- la longueur totale (**Lt**).

La longueur choisie est la longueur à la fourche, employée préférentiellement par de nombreux auteurs (PHILIPPART 1971 et 1972, CHAPPAZ 1986...).

Des équations permettent le passage d'une longueur à l'autre (afin de convertir Lf en Ls ou Lt).

Détermination de l'âge : méthode scalimétrique

Description de la méthode

Les tissus " sclérifiés " des vertébrés poïkilothermes enregistrent, par leur croissance différentielle, les facteurs internes et externes auxquels sont soumis ces animaux (BOËT, 1980). Des structures comme les rayons osseux des nageoires, les otolithes, les os operculaires et, bien entendu, les écailles, se prêtent bien à la détermination de l'âge.

Les écailles présentent à leur surface des couches concentriques de scléroblastes (les circuli). Lors des périodes de croissance rapide, les circuli sont espacés, contrairement aux périodes moins favorables. La température est le facteur contrôlant la mise en place des annuli (un annulus est une zone formée de circuli espacés ou, au contraire, rapprochés).

La scalimétrie est une méthode très utilisée pour sa fiabilité pour estimer l'âge des poissons.

Les écailles sont prélevées dans la région située sous la dorsale et au dessus de la ligne latérale (VIBER & LAGLER, 1961). Au laboratoire, 8 écailles sont

montées sous loupe binoculaire entre 2 lames et 5 écailles sont lues par deux observateurs.

Rétrocalcul

Le rétrocalcul est basé sur la croissance simultanée des écailles (en ce qui nous concerne) et du corps (voir schéma explicatif à gauche). Cette méthode a été mise au point par LEA en 1910 (*in* VIBERT ET LAGLER, 1961). La condition de validité de la méthode est que la relation entre la longueur du corps du poisson et la longueur du radius de l'écaille soit allométrique (PHILIPPART, 1971). Ceci peut être mis en évidence par le coefficient de détermination de la droite de régression entre les deux variables sus-citées.

La méthode de LEA conduisait à l'équation suivante :

$$\text{Log } L = \text{Log } a + b \text{ Log } R \text{ ou } L = a + R^b ;$$

Cette formule a été modifiée par LE CREN (1947) :

$$\text{Log } L_n = \text{Log } L + b (\text{Log } R_n - \text{Log } R)$$

$$\text{où } L_n = L \frac{R_n^b}{R^b} .$$

Description des écailles de *Pachychilon pictum*

La description de l'écaille a été effectuée sur le type de PHILIPPART, 1971 (figure 10).

On peut observer sur les écailles des poissons qui vivent dans des milieux temporaires deux zones de ralentissement de la croissance :

- une correspondant à la phase hivernale ;
- une lors de l'assèchement estival : les conditions difficiles de l'été créent un stress inhibant la croissance des poissons pendant cette période (de courte durée).

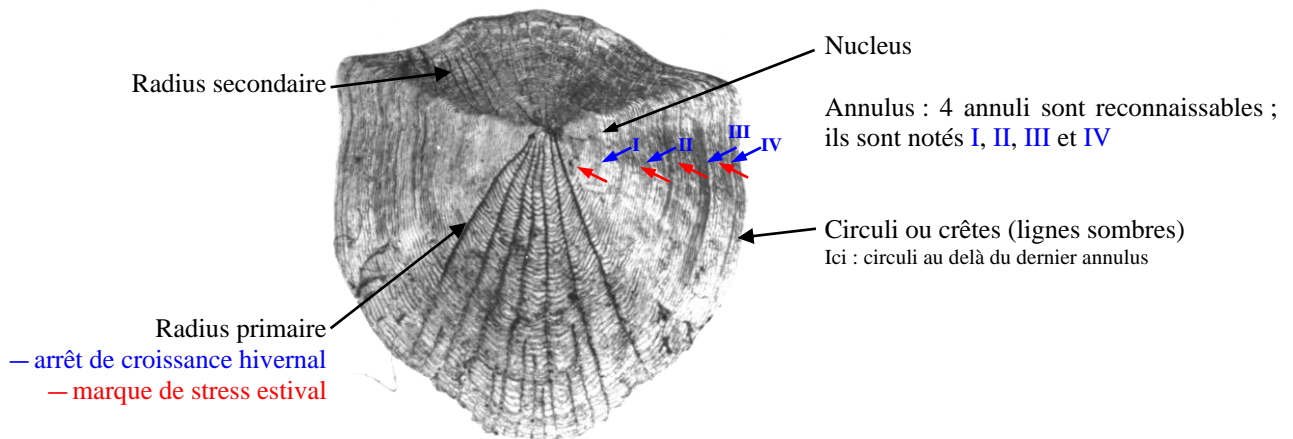


Figure 10 : Le *Pachychilon pictum* présenté est dans sa 5^{ème} année de croissance ; il pèse 51,5 g pour 146 mm.

Relation taille-poids

Chez les poissons, la relation taille-poids est dérivée des courbes de croissance linéaires. Elle est exprimée par l'équation suivante : $P = a Lf^b$. P étant la masse en g, Lf la longueur à la fourche en cm, a et b deux constantes.

Pour un poisson "parfait", b, le coefficient d'allométrie, est égal à 3 (le volume étant le cube d'une des dimensions). b est caractéristique de l'espèce mais peut également varier selon les milieux (BAUCHOT & BAUCHOT, 1978).

L'intérêt majeur de l'équation ci-dessus est de connaître par la seule mesure de la longueur à la fourche, la masse de l'individu étudié (pratique courante pour les poissons exploités professionnellement).

Coefficient de condition

Le coefficient de condition détermine si le poisson étudié est en "bonne condition". C'est un coefficient "d'embonpoint". Il est donné par la formule suivante :

$$K = 100 \times \frac{\text{Poids du poisson(en g)}}{\text{Longueur à la fourche(en cm)}^3}$$

Cette formule, très employée, (PHILIPPART 1971, BAUCHOT & BAUCHOT 1978, CHAPPAZ 1986) n'est pas extrêmement rigoureuse et on peut lui préférer, surtout avec les moyens de calculs actuels, la formule "exacte" : $K = \frac{\text{Poids du poisson(en g)}}{\text{Longueur à la fourche(en cm)}^b}$ avec

b le coefficient d'allométrie calculé dans la relation taille-poids.

K a été créé pour les *Salmonidae* (WEATHERLEY, 1972) où il est proche de l'unité. Plus les poissons sont allongés, fusiformes, plus il sera bas, par exemple 0,16 pour les Anguilles (BAUCHOT & BAUCHOT 1978).

La variation annuelle de K est un moyen efficace pour apprécier l'évolution de la condition chez les *Pachychilon pictum*.

Nous calculons les coefficients de condition à partir du poids vide (poisson éviscéré) afin d'éliminer le biais que constitue le poids des gonades lors de la période de reproduction.

Résultats

L'analyse scalimétrique utilisée ne présente pas de difficultés particulières et 90 % des écailles montées se sont révélées lisibles. L'analyse a mis en évidence la présence de 5 cohortes et la longueur à la fourche (sexes confondus) est déterminée pour chacune d'elles. La proportion est de 1,09 femelles pour un mâle dans cette analyse.

La relation taille-poids (figure 11), sur l'ensemble des individus capturés, est de $P = 8.10^{-5} Lf^{2.699}$ ($r^2 = 0,89$) avec P en grammes et Lf en centimètres.

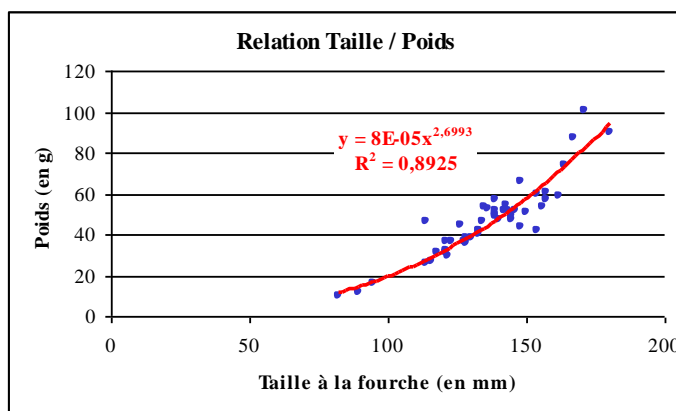


Figure 11 : relation taille poids. Chaque point représente un individu. La courbe rouge est le modèle représentant au mieux le phénomène.

Le coefficient de condition est calculé avec le poids du poisson éviscéré (figure 12). On note une augmentation de ce coefficient au cours du printemps pour les mâles. L'écart entre les mâles et les femelles au printemps est dû à l'effet des gonades : les femelles "stockent" moins dans leurs tissus, au profit du développement des ovules.

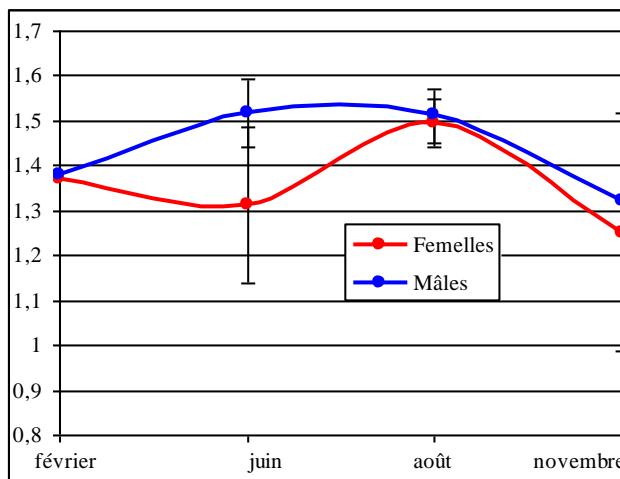


Figure 12 : évolution du coefficient de condition au cours du temps pour les mâles et les femelles.

On pourra constater, dans la partie consacrée à la reproduction, que ce déficit de femelles correspond à la période où le R.G.S. (Rapport Gonado-Somatique) est le plus élevé.

On peut noter que, bien que l'Artuby soit très un milieu très différent de celui qu'il occupe normalement, le pachychilon a une croissance élevée (SORIC 1983 b).

Le rétro-calcul nous permet de connaître les tailles moyennes pour des âges donnés. Les résultats sont présentés dans le tableau VIII.

Age	Effectif	I		II		III		IV		V	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
1+	3	48,5	6,38								
2+	18	64,5	12,4	99,5	6,32						
3+	16	66,9	12,2	100	12,7	127	10,7				
4+	15	72,7	9,96	109	76	129	11	149	9,51		
5+	2	74,7	5,35	104	4,16	129	4,58	150	7,06	171	4,74
Moyenne	54	65,5	9,26	103	24,8	128	8,76	150	8,29	171	4,74
Accroissement		37,81		25,00		21,39		21,47			

Tableau VIII : tailles rétrocalculées pour toutes les cohortes.

On peut remarquer l'absence d'individus 0+ (nés dans l'année), et la rareté des 1+ (3 individus) ; ce faible effectif de ces classes d'âge peut biaiser la taille à un an.

Ceci peut également nous faire réfléchir sur des problèmes de recrutement des jeunes. Ce phénomène se retrouve également pour le barbeau méridional.

Si on compare la croissance des mâles et des femelles, on peut s'apercevoir qu'il y a une légère différence suivant le sexe :

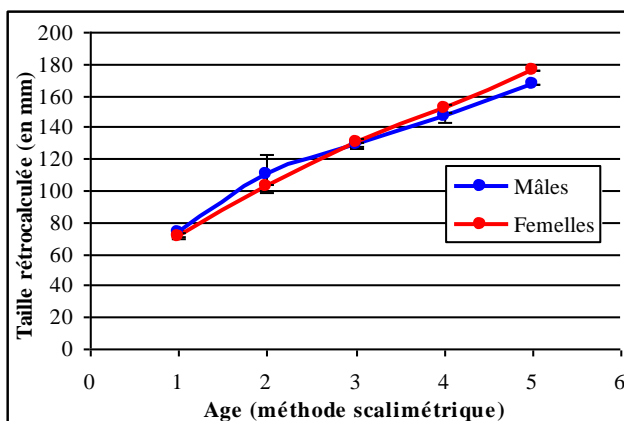


Figure 13 : tailles rétrocalculées.

REPRODUCTION

Méthodologie

L'étude de la reproduction est une étape essentielle dans l'étude de l'auto-écologie d'une espèce. C'est d'elle dont dépend le devenir de la population étudiée.

La reproduction dépend de nombreux paramètres comme les caractéristiques démographiques de l'espèce (les stratégies r et K de MAC ARTHUR) (KESTEMONT & PHILIPPART, 1991), le photopériodisme, la température (essentielle pour les cyprinidés (BILLARD 1978 in KESTEMONT & PHILIPPART 1991), l'état général de l'individu...

Dès que les gonades sont prélevées, elles sont déterminées (mâles et femelles) et pesées. Pour les femelles, on échantillonne une centaine d'ovules que l'on dénombre et pèse avec précision. Ensuite, on estime le nombre total d'ovules et la masse moyenne d'un ovule.

Le rapport gonado-somatique

Le calcul du rapport gonado-somatique, R.G.S., est un moyen à la fois simple et efficace pour connaître l'évolution des gonades tout au long de l'année :

$$\text{R.G.S.} = \frac{W_g}{W_s} \times 100 = \frac{\text{Poids des gonades}}{\text{Poids somatique}} \times 100$$

Cet indice permet de différencier trois groupes de poissons :

- les poissons à ovogenèse synchrone (*Chondrostoma nasus*, *Rutilus rutilus*, *Leuciscus leuciscus*), dont la ponte ne s'effectue qu'une fois dans l'année ;

- les poissons à ovogenèse asynchrone qui présentent tous les stades ovocytaires simultanément. Ce groupe est représenté par des poissons qui effectuent des pontes fractionnées (*Gobio gobio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Phoxinus phoxinus*, *Tinca tinca*) ;

- il existe un troisième groupe, intermédiaire, représenté par les poissons à ovogenèse groupe-synchrone (*Cyprinus carpio*, *Abramis brama*, *Leuciscus cephalus*). Ces espèces présentent deux groupes d'ovocytes bien distincts. En général, les ovocytes mûrs sont pondus dans le courant de l'année tandis que les ovocytes en croissance trophoplasmique avancée ne participent qu'à la ponte de l'année suivante (KESTEMONT & PHILIPPART, 1991).

La fécondité absolue

C'est le nombre d'ovules avant la reproduction. Par définition, on ne peut pas suivre cette valeur tout au long de l'année. Par extension, on calculera le nombre d'ovules pour toutes les périodes de l'année afin de savoir comment se comporte le stock ovocytaire.

La fécondité relative

Elle correspond au nombre d'ovules par gramme de poids somatique. Cette valeur permet de compenser l'effet de la taille. La fécondité relative n'est pas caractéristique de la capacité de reproduction, car elle dépend de la fécondité individuelle mais également de la date d'apparition de la maturité sexuelle, de la périodicité et de la fréquence de la reproduction tout au long de la vie de l'animal (NIKOLSKY 1963 in CHAPPAZ 1986).

Résultats

Evolution du R.G.S. dans le temps

L'analyse du rapport gonadosomatique (voir figure 14) montre une évolution des gonades entre août 1996 et juin 1997, ce rapport atteint, début juin 21,7 ($\sigma = 6$; $n = 7$) pour les femelles et 13,4 ($\sigma = 0,5$; $n = 13$) pour les pachytilons mâles.

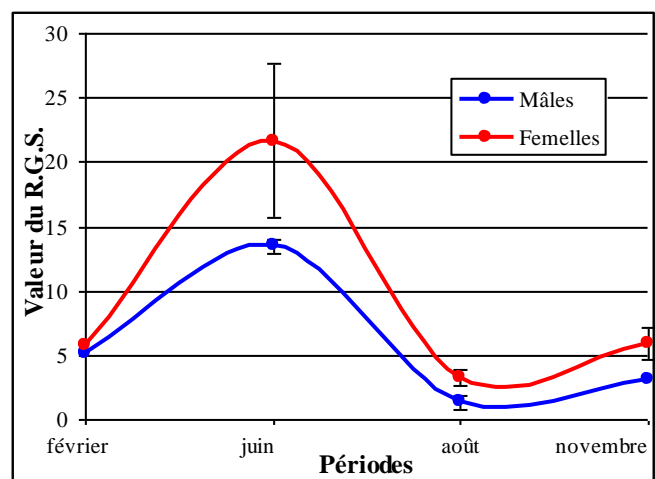


Figure 14 : évolution du rapport gonado-somatique au cours du temps pour les mâles et les femelles.

Maturité

L'espèce présente des ovules mûrs en juin, elle est donc en mesure de se reproduire.

Les effectifs des petites classes d'âges ne sont pas assez importants pour situer précisément l'âge auquel a lieu la première reproduction. On peut cependant penser que les individus 2+ sont capables de se reproduire.

La fécondité relative

La fécondité relative est de 400 ovules par gramme de poids somatique ($\sigma = 57$, $n = 5$) pour les femelles 4+. La fécondité absolue est de 21 000 ovules par femelles 4+ [mini = 16 090, maxi = 24 600].

En juin, le sexe ratio est de 1,85, c'est à dire largement à l'avantage des mâles. Tous les mâles capturés présentent des tubercules nuptiaux qui attestent de la proximité de la ponte.

Les plus jeunes individus capturés ($L_f < 80$ mm, âge 1+) montrent que la reproduction naturelle a lieu, puisque l'alevinage date de plus de 7 ans.

DISCUSSION / CONCLUSION PERSPECTIVES

Le *Pachychilon pictum* peuple des milieux forts variés. Il peut vivre dans des lacs oligotrophes (lac Ohrid), des lacs eutrophes (lac Skadar), des rivières larges (Drim blanc, Ariège), des rivières modestes (Auvézère) ou même des cours d'eau temporaires (Artuby).

Sa plasticité adaptative lui permet de se reproduire dans tous ces milieux. Son potentiel reproducteur est même élevé dans l'Artuby. Ceci explique, en partie, qu'il soit encore là, plus de 7 ans après son introduction accidentelle.

Sa croissance (linéaire et pondérale), plus forte que dans son milieu d'origine, est très comparable aux autres *Cyprinidae* peuplant l'Artuby.

Son large spectre alimentaire lui permet de résister aux compétitions interspécifiques. En effet, l'alimentation du *Pachychilon pictum* peut être fort différente selon son milieu de vie.

Dans certains lacs, elle peut être essentiellement végétale (KITCHELL *et al.*, 1973), dans d'autres surtout planctonique (IVANOVIC, 1973).

En rivière, les invertébrés benthiques (étude présente, SORIC 1982) constituent la base de son alimentation. La largeur de son spectre alimentaire lui permet de diminuer la concurrence avec les autres espèces du milieu (cas de l'Artuby).

En période de crise (campagne de novembre, après une crue), la compétition interspécifique est forte. Ceci se traduit par un indice de chevauchement élevé pour toutes les espèces. Le pachychilon ne semble pas être trop incommodé par cette forte concurrence.

En période favorable (août 96) le pachychilon se montre particulièrement efficace dans la capture de certaines proies essentielles pour la survie des espèces dans ce milieu (diptères *chironomidae*).

Le seul frein à son explosion démographique dans l'Artuby semble provenir de pressions exercées par le milieu qui limite les effets de la reproduction naturelle. Ceci est également observable pour deux autres *Cyprinidae* : le blageon et le barbeau méridional.

En outre, les effets cumulés de l'assèchement estival, de la forte promiscuité des individus dans les trous restants en eau et les crues automnales souvent importantes, sont vraisemblablement responsables de la structure des populations observées.

Par ailleurs, après la crue de l'automne 1996, la recolonisation des sites s'est effectuée par l'aval, dans la mesure où le secteur en amont de notre zone d'étude a toujours été dépourvu de poissons. En aval, les gorges de l'Artuby se jettent dans celles du Verdon, juste en amont de la retenue hydroélectrique de Sainte-Croix.

Il y a tout lieu de penser que le pachychilon peut coloniser le Verdon, dans les gorges, en amont immédiat de la retenue. Retrouvant un habitat voisin de celui dont il est originaire (CRIVELLI, comm. pers.), le pachychilon pourrait bientôt être compté parmi la faune ichthyologique de cette retenue oligotrophe (CHAPPAZ, 1986).

Connaissant les risques liés aux espèces introduites, et les facilités adaptatives du *Pachychilon pictum*, il convient de surveiller sa dynamique dans les réseaux hydrographiques français est faire preuve d'une prudence élémentaire vis à vis d'une espèce encore peu connue. De plus, il faut savoir que si les risques liés à une éventuelle hybridation avec l'ablette (*Alburnus alburnus*) sont aujourd'hui faibles ils existent bel et bien (GUZINA *et al.*, 1979).

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout particulièrement J.-P. TRILLAUD Garde Pêche du C.S.P. qui, par ses observations pertinentes, a permis la découverte du *Pachychilon pictum* dans le sud-est. Cette étude a reçu un soutien financier par la Fédération Départementale de pêche du Var et le Conseil Général du Var. Les auteurs remercient également le Colonel ROMMELAERE, Commandant le Camp militaire de Canjuers et le Lieutenant colonel LACOSTE pour nous avoir permis d'accéder au site d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR, 1992** : Détermination de l'indice biologique global normalisé. Norme Française NF T 90- 350. 9p.
- BANARESCU P., 1964** : Fauna Republicii populare Romîne - Pisces - Ostichthyes (Pesti Ganoizi Si Ososi), Volumul XIII. *Editura Academiei Republicii populare Romîne*, 1964.
- BAUCHOT R. & BAUCHOT M.-L., 1978** : Coefficient de condition et indice pondéral chez les téléostéens. *Cybium 3^e Série*, 1978, 4 : 3-16.
- BERG J., 1979** : Discussion of Methods of Investigating the Food of Fishes with Référence to a Preliminary Study of the Prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Marine Biology* **50**, 263-273 (1979).
- BLANC M., BANARESCU P., GAUDET J.-L. & HUREAU J.-C., 1971** : Poissons des eaux Continentales d'Europe. Catalogue multilingue. FAO, 1971.
- BOËT PH., 1980** : Eléments d'écologie du poisson-chat *Ictalurus melas* (RAFINESQUE, 1820), du lac de Créteil. Structure et dynamique de la population, exploitation des ressources alimentaires et production. *Thèse de 3^{ème} cycle Paris VI*. 123 p.
- CARLE F. L. & STRUB M. R., 1978** : A new method for estimating population size from survey removal. *Biometrics*, **34** : 621 -630.
- CHAPPAZ R., 1986** : Etude piscicole de la retenue de Sainte-Croix - Fontaine l'Evêque. *Thèse de 3^{ème} cycle*, Univ. Aix-Marseille I, 183 p.
- CHAPPAZ R., BRUN, G. & OLIVARI, G. 1990.** : Stratégie de développement du goujon *Gobio gobio* (L.) dans un lac oligotrophe : la retenue de Sainte-Croix (Provence, France). *C. R. Acad. Sc. t. 307*, série III: 35-41
- CHAPPAZ R. & BRUN G., 1993** : Données nouvelles sur la biologie et l'écologie d'un poisson cyprinidé du sud de l'Europe *Leuciscus (Telestes) soufia* (Risso, 1926). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. **316**, Série III : 35-4.
- CRIVELLI A. J., 1996** : The freshwater fish endemic to the northern Mediterranean region. *An Action Plan*. WWF.
- DELMASTRO G. B. & BALMA G. A. C., 1990** : Primo reperto per l'Italia e acclimatazione del ciprinide endemico balcanico *Pachychilon pictus* (HECKEL & KNER, 1858) nel fiume Serchio in Toscana (Osteichthyes : Cyprinidae). *Estratto dal Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali - Torino*. Vol. **8**, N. 2, 1990.
- DIMOVSKI A. & GRUPCE R., 1974** : Caractéristique et description de *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER) du lac d'Ohrid. *Annuaire de la Fac. des Sc. de l'Univ. de Skopje*. Vol 26 : 55-70.
- ELLIOT J.M., 1972** : Rates of gastric evacuation in brown trout *Salmo trutta* L. *Freshwater. Biol.* Vol **2** : 1-18.
- GERDEAU D., 1987** : Revue des méthodes d'estimation de l'effectif d'une population par pêches successives avec retrait, programme d'estimation d'effectif par la méthode de Carle et Strub. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* (1987) **304** : 13-21.
- GERY J., 1962** : Le problème de la sous-espèce et de sa définition statistique (à propos du coefficient de Mayr-Linsley-Usinger). *Vie et milieu*. Vol. **13** : 521-541.
- GILLES A., LECOINTRE G., FAURE E. CHAPPAZ R. & BRUN G., 1998** : Mitochondrial phylogeny of the European Cyprinids: Implications for their Systematics, Reticulate Evolution and Colonization Time. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. *Sous press.*

- GREGOIRE A., 1981** : Contribution à l'étude hydrobiologique d'une rivière aménagée : le Verdon. Les lacs de barrage et les tronçons de cours d'eau à débit régulé. *Thèse de 3^{ème} cycle*, Univ. Aix-Marseille I, 213 p.
- GÜNTHER A., 1868** : Catalogue of Fishes in the Collection of British Museum. Vol VII, London.
- GUZINA N., VUKOVIC T., SERATLIC D. & KAPETANOVIC N., 1979** : Tri nova hibrida iz familije *Cyprinidae* (podfamilija *Leuciscinae*). *Ichthyologia*. **11** (1) (1979) : 1-3.
- HECKEL J. & KNER R., 1858** : Die Süßwasserfische der Österreichischen Monarchie mit Rücksicht auf die angrenzenden Länder. *Leipzig* : 388 pp.
- HYSLOP J., 1980** : Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* (1980) **17** : 411-429.
- IVANOVIC B. M., 1970** : Morfometrijske i meristike *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER, 1958). *Ichthyologia*. **2** (1) (1970) : 53-62.
- IVANOVIC B. M., 1973** : Ichthyofauna of Skadar Lake. Titograd, pp 146.
- KARAMAN S., 1924** : Pisces Macedoniae. *Split*.
- KARAMAN M., 1972** : Süßwasserfische der Türkei. 9 Teil. Revision einiger kleinwüchsiger Cyprinidengattungen *Phoxinellus*, *Leucapsius*, *Acanthobrama* usw. aus Südeuropa, Kleinasien, Vorder-Asien und Norafrika. *Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.* **69** : 115-155.
- KEITH P., ALLARDI J. & MOUTOU B., 1992** : Livre rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France et bilan des introductions. *Coll. Patrim. Nat. MNHN*. Vol. **10** : 175p.
- KESTEMONT & PHILIPPART, 1991** : Considérations sur la croissance ovocytaire chez les poissons à ovogenèse synchrone et asynchrone. *Belg. J. Zool.* Volume **121** (1991), issue 1, pages 87-98.
- KITCHEL J. F., ROY A. & KNEZEVIC B., 1978** : Utilization of filamentous algae by fishes in Skadar Lake, Yugoslavia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **29** : 2159-2165.
- LE CREN E.D.J., 1947** : The determination of age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. *J. Anim. Ecol.* Vol **16**: 188-204.
- LEGIER P., 1984** : Importance de la dérive dans la mise en place des communautés d'invertébrés dans les cours d'eau temporaires de la Provence calcaire. *Ecologia mediterranea*, X, **1-2** : 3-44.
- LEGIER P. & TALIN J., 1975** : Recolonisation d'un ruisseau temporaire et Evolution du degré de stabilité de la zoocénose. *Ecologia mediterranea*, I : 149-164.
- LEVINS R., 1968** : Evolution in changing environment. *Princeton Univ.*
- MAITLAND P.S., 1972** : Multiguide nature des poissons des lacs et des rivières d'Europe en couleurs. Bordas Editions, 255p.
- MAYR E. & ASHLOCK P. D., 1969** : Principles of systematic zoologie. Second edition (1991). Ed Mc Graw-Hill Book Co., New-York, 475 p.
- MARIC D., 1995** : Endemic Fish Species of Montenegro. *Biological conservation*, **72** (1995) : 187-194.
- MUUS B. J. & DAHLSTROM P., 1967** : Les guides du naturaliste. Ed. Delachaux & Niestlé - Neuchatel / Suisse.
- NICOD J., 1967** : Recherches morphologiques en Basse Provence calcaire. *Thèse d'état Aix en Provence* : 567 p.

- PERSAT H., 1988** : De la biologie des populations de l'ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-Rhône Français. Eléments pour un changement d'échelles. *Thèse d'état, Université Claude Bernard - Lyon I* : 223 p.
- PHILIPPART J.-C., 1971** : Age et croissance de la Vandoise *Leuciscus leuciscus* (L.) dans l'Ourthe et la Berwine. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, p 77-140.
- PHILIPPART J.-C., 1972** : Age et croissance du Chevaine *Leuciscus cephalus* (L.) dans l'Ourthe et la Berwine. *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg.*, p 47-82.
- PIANKA E.R., 1973** : The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **4** : 53-74.
- ROSECCHI E. & NOUAZE Y., 1985** : Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit*, **49** (3 et 4) : 111-123, 1985 (1987).
- SEBER G. A., 1982** : The estimation of animal abundance. Second édition. Charles Griffin & Co Ltd, London : 674 p.
- SMILY W.P.G., 1952** : Observations of the food on the fray of perch *Perca fluviatilis* L. in Windermere. *Proc. Zool. Soc. London*, **122** : 407-416.
- SORIC V. M., 1982** : Ishrana i duzina crevnog trakta kod Saradana - *Pachychilon pictum* (Cyprinidae , Pisces) iz belog Drima. *Ichthyologia*. **14** (1) (1982) : 95-104.
- SORIC V. M., 1983 a** : Biological researches of the endemic species of *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER) from West Balkan. **I** Morphological-systematic characters of *Pachychilon pictum*. *Ichthyologia*. **15** (1) (1983) : 43-64.
- SORIC V. M., 1983 b** : Biological researches of the endemic species of *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER) from West Balkan. **II** Phenotypical character of *Pachychilon pictum* growth. *Ichthyologia*. **15** (2) (1983) : 61-71.
- SORIC V. M., 1984 a** : Biological researches of the endemic species of *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER) from West Balkan. **III** Sexual maturity, spawn and reproductive potential of *Pachychilon pictum*. *Ichthyologia*. **16** (1-2) (1984) : 5-15.
- SORIC V. M., 1984 b** : Biological researches of the endemic species of *Pachychilon pictum* (HECKEL & KNER) from West Balkan. **IV** Cyclic changes of sexual glands of *Pachychilon pictum*. *Ichthyologia*. **16** (1-2) (1984) : 63-76.
- SORIC V. M., 1990** : Ichthyofauna of the Ohrid-Drim-Skadar system. *Ichthyologia*. **22** (1) (1990) : 31-43.
- SPILLMANN C.J., 1961** : Faune de France. *Les poissons d'eau douce*. N°65, Eds Paul Lechevalier, Paris, 303p.
- STANKOVIC S., 1955** : Sur la spéciation dans le lac d'Ohrid. *Travaux de l'Association Internationale de Limnologie théorique et appliquée*. Vol XII, pp 478-506, 1955.
- STEINDACHNER Fr., 1882** : Sitzungsbericht der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch - naturwissenschaftliche Classe. LXXXVI. Band I. Heft. Erste Abtheilung, str. 71-73, Wien.
- TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX M., 1980** : Introduction à l'étude des macroinvertébrés d'eau douce. *C.R.D.P. Lyon* : 155 p.
- THALES E., KEITH, P. & GAYOU, F. 1997** :
.
.
Cybium. **21**: 207-210.

VIBERT R. & LAGLER K. F., 1961 : Pêches continentales : Biologie et Aménagement. Ed. Dunot, Paris : 720 p.

VLADYKOV V. & PETIT G., 1930 : Sur quelques poissons d'eau douce d'Albanie. *Bulletin de la Société zoologique de France* Tome LV, 1930 pages 383-409.

VUCOVIC T. & IVANOVIC B., 1971 : Freshwater fishes of Yugoslavia. Sarajevo, p. 268 (in Serbo-cr.)

WEATHERLEY A.H., 1972 : Growth and ecology of fish populations. *Acad. Press. London-New York*.

WINFIELD I. J. & NELSON J. S., 1991 : Cyprinid Fishes : systematics, biology and exploitation. Chapman & Hall.

WINDELL J. T., 1971 : Food analysis and rates of digestion. *in* Method for assesment of fish Production in Fresh Waters, Ed Ricker, Oxford, Blackwell Scientific Publication.

**MUNDA
RACKAJ**