ECONOMIE BIOLOGIQUE ET PRODUCTIVITE DE NOS RIVIÈRES A CYPRINIDES

par L. LEGER

Directeur du Laboratoire de Pisciculture de Grenoble

I

Avant-Propos.

Dans une étude préliminaire parue dès 1910 (6) et, dans ce même *Bulletin* [n° 109 (Juillet-Décembre 1937)] sous le titre de « Economie biologique générale des cours d'eau alpins » (7) j'ai essayé de montrer comment on peut arriver, avec une approximation satisfaisante, à estimer la valeur économique piscicole de nos rivières de montagne, c'est-à-dire de nos cours d'eau à Salmonides, connaissant leur capacité biogénique β et leur largeur piscicole moyenne L .

La simple application de la formule $K = \beta L$, dans laquelle K représente le rendement annuel en kilogrammes-kilomètre, nous permet ainsi d'estimer le rendement moyen possible, la productivité, d'une rivière ou d'un tronçon d'une rivière à Truites. Cette formule que je n'ai cessé de contrôler depuis en des points les plus divers par des statistiques aussi précises que possible et des enquêtes auprès des pêcheurs locaux les plus avisés, se montre aujourd'hui comme un auxiliaire précieux en économie piscicole car elle permet d'avoir rapidement et *a priori* une idée justifiée sur la valeur piscicole d'une rivière donnée, sur sa productivité, connaissance indispensable pour toutes opérations d'ordre économique, administratif ou judiciaire.

Depuis cette époque on m'a souvent demandé si l'on pourrait de même arriver avec une approximation aussi satisfaisante et par une formule aussi simple, à estimer la productivité des rivières à Cyprinides en fonction de leur largeur moyenne et de leur capacité biogénique convenablement et spécialement appréciée à cet effet. Cette question à laquelle j'ai répondu affirmativement, dès 1937, dans mes leçons faites aux enquêteurs piscicoles, sur l'initiative et à la demande du Ministère de l'Agriculture, n'ayant pas été jusqu'ici de ma part l'objet d'une publication spéciale, je me pro-

pose aujourd'hui d'en donner la réponse documentée et justifiée par des exemples, après avoir montré que certains des facteurs qui régissent la capacité biogénique des eaux à Cyprinides, plus complexes que dans les eaux à Salmonides et dont quelques-uns tels que la vitesse et la température ont ici une importance prépondérante, méritent une attention toute particulière en raison de la variété des poissons qu'elles abritent, alors que dans les eaux à Salmonides la Truite seule est en cause.

Voyons d'abord ce que nous entendons par rivière à Cyprinides.

II

Caractères et valeur économique des rivières à Cyprinides.

Par opposition aux rivières à Salmonides fraîches et rapides qui ne renferment guère que des Truites et parfois des Ombres avec leurs petits poissons d'accompagnement (Chabot, Vairon, Loche) on a coutume de désigner sous le nom de rivières à Cyprinides les rivières chaudes et lentes d'où la Truite est exclue. Mais il existe beaucoup de rivières qui sont à Salmonides dans la partie haute et rapide de leur cours et à Cyprinides dans la partie basse, ralentie. La transition dans ces rivières mixtes se fait progressivement dans une zone où la Truite fait peu à peu place au Barbeau, au Meunier, à la Suiffe et au Hotu. C'est la Zone à Barbeau des auteurs, prélude de la Zone à Cyprinides proprement dite ou Zone à Brème.

Bien que le Barbeau et ses acolytes soient scientifiquement des Cyprinides, cette Zone à Barbeau dans laquelle s'égarent assez loin encore des Truites et non des plus petites, ne doit pas être confondue avec la Zone à Brème qui caractérise la véritable rivière à Cyprinides et dont l'aspect est d'ailleurs fort différent tant au point de vue morphologique que biologique (vitesse, nature du fond, température, etc.). Sa capacité biogénique est moins généreuse et sa valeur ne dépasse pas celle de la Zone à Truite, le Barbeau ayant approximativement une capacité de croissance comparable à celle de la Truite. En raison de ses caractères et de sa composition piscicole, cette Zone à Barbeau dont la limite aval est souvent imprécise, ne doit donc pas être confondue avec la Zone à Brème dont la valeur économique est notablement différente comme nous allons le montrer plus loin après avoir d'abord envisagé sous le titre de rivière à Cyprinides l'économie biologique de la Zone à Brème.

Donc, sous le nom de rivières ou tronçons de rivières à Cyprinides nous entendons ici parler de la Zone à Brème, c'est-à-dire des rivières lentes de plaine, chaudes en été, coulant ordinairement en prairies ou en cultures, avec souvent des délaissés et bras morts riches en végétation aquatique et dont le fond, en général stable sur toute son étendue, offre

une faune nutritive plus ou moins riche à laquelle s'ajoute un plancton (potamoplancton) plus ou moins abondant.

Remarquons en passant que ce terme rivières à Cyprinides consacré par l'usage manque de précision au point de vue scientifique et économique car ces rivières renferment toujours avec les Cyprinides (Gardon, Brème, Tanche, Carpe, Meunier, Ablette, Goujon, etc.), les Carnassiers qui s'en nourrissent (Brochet, Perche, Anguille, Lote) et représentent souvent le meilleur et le plus estimé de leur rendement.

De telles rivières ou tronçons de rivières sont ainsi comparables à un étang linéaire dont les eaux marcheraient lentement vers leur émissaire. Leur composition piscicole de Cyprinides et Carnassiers est d'ailleurs du même ordre que celle des étangs sauvages et beaucoup d'entre elles offrent des anses, bras morts et des parties tranquilles, dues aux barrages, qui se comportent biologiquement comme des étangs. Elles sont d'un régime mi-fluvial mi-lacustre comme le dit à juste raison DAMAS (3) dans son étude sur la faune de la Meuse belge. Enfin, une justification en même temps qu'un exemple de cette comparaison nous est fournie par le chapelet d'étangs de la Somme, vers Péronne, dont P. VIVIER (10) et ses collaborateurs viennent d'entreprendre l'intéressante étude. Ces étangs ont été formés par une série de barrages de la rivière transformée ainsi en étangs successifs et leur étude hydrobiologique comparée avec celle de la Somme elle-même immédiatement en amont du premier barrage va offrir le plus haut intérêt.

En somme, notre rivière à Cyprinides se comporte donc comme un étang sauvage à eau constamment mais lentement renouvelée dont la mise en charge est laissée à la nature et dont la production ni spécialisée ni calibrée sera sans doute de moindre valeur que celle d'un étang bien exploité ; mais, au point de vue quantité, directement en rapport avec sa capacité biogénique et cela de façon durable car s'il est bien reconnu qu'un étang s'use en vieillissant il n'en sera pas de même pour notre rivière continuellement renouvelée.

Or, il est admis par tous les auteurs (WALTER (20), SMOLIAN, SUSTA, TAURKE (16), etc.) que le rendement en poids des étangs chauds à Cyprinides est, en moyenne, à surface égale, double de celui des étangs froids à Truites ; et ceci est tout à fait rationnel en raison d'une meilleure répartition et utilisation d'une faune nutritive abondante à laquelle s'ajoute la présence de plancton et d'une température plus élevée favorisant le développement des poissons à forte croissance et très prolifiques qu'on y cultive.

Il est donc également rationnel d'admettre, en principe, que ce même rapport doit subsister entre nos rivières-étangs à Cyprinides et nos rivières froides et rapides à Truites ; et si nous admettons que la productivité de celles-ci est exprimée par la formule $K = \beta L$ qui a fait ses preuves, celle des

rivières à Cyprinides devra être de $K = 2 \beta L$. En d'autres termes, dans les rivières à Cyprinides, β aura un coefficient de rendement double de celui des eaux à Truites ; mais il faut souligner ici qu'il s'agit d'un rendement hétérogène en poissons non calibrés, de qualité très différente et toujours inférieure à celle de la Truite.

Cette formule $K = 2 \beta L$ qui correspond à un rendement maximum de 200 kilos à l'hectare lorsque $\beta = X$, maximum sans doute rarement atteint dans nos rivières à Cyprinides, ne surprendra pas si l'on se rappelle que les meilleurs étangs à Carpes bien exploités peuvent donner jusqu'à 3 à 400 kilos à l'hectare et que SELIGO (19) dans son étude documentée *Die Fischerei in den Flüssen* p. 175, s'exprime au début en disant que la pêche en eau courante atteint parfois un rendement étonnant puisque on a obtenu jusqu'à 500 kilos de poisson à l'hectare pour une longueur de 1 kilomètre de rivière (ce qui correspond à une largeur de 10 m.) ! C'est là sans doute un cas exceptionnel mais qui suffit pour montrer que notre formule $K = 2 \beta L$ est loin d'être exagérée.

Notons en passant que d'après VIVIER (19), les étangs formés par les barrages de la Somme ont donné un rendement variant de 50 à 200 kilos-hectare, chiffres qui se tiennent en harmonie avec notre échelle de productivité $K = 2 \beta L$; mais, tandis que dans ces étangs, rationnellement peuplés et pêchés, la production touche de très près la productivité, dans nos rivières, d'une composition piscicole livrée au hasard de la reproduction naturelle et de la lutte pour l'existence et insuffisamment et mal pêchées, la production (le rendement) sera toujours, et parfois de beaucoup, inférieure à la productivité théorique. D'ailleurs il est pour ainsi dire impossible de pêcher toute la production d'une rivière même avec le concours d'une pêche professionnelle très judicieuse. Il y aura toujours des sujets qui échappent à l'adresse ou à l'astuce du pêcheur et ce ne sont pas les plus petits.

On ne sera donc pas surpris que, dans les rivières à Cyprinides, le rendement soit le plus souvent notablement inférieur à la productivité ; mais il tendra d'autant plus à s'en rapprocher que ces rivières seront pêchées plus activement et plus rationnellement ce qui implique, à côté des pêcheurs à la ligne, la nécessité de la pêche professionnelle pour en tirer le meilleur parti possible, c'est-à-dire arriver à se rapprocher au plus près du rendement exprimé par la formule $K = 2 \beta L$.

Cette formule $K = 2 \beta L$ que j'ai enseignée pour la Zone à Brème, dès 1937, dans mes leçons aux enquêteurs piscicoles n'est pas une déduction purement théorique des considérations ci-dessus. J'avais déjà eu l'occasion de l'éprouver avant de l'exposer dans mon enseignement. Depuis cette époque, divers dossiers de nos enquêteurs m'en ont confirmé le bien fondé et j'ai notamment pu contrôler sa valeur pour une de nos meilleures et plus grandes rivières à Cyprinides, la Saône, comme je le montrerai plus loin.

Cas de la Zone à Barbeau. — En ce qui concerne la Zone à Barbeau intermédiaire entre la Zone à Salmonides et la Zone à Cyprinides proprement dite (Zone à Brème) telle que nous venons de l'envisager, il faut remarquer que cette zone dans laquelle se rencontrent encore assez souvent quelques grosses Truites et où le Barbeau et ses acolytes se substituent peu à peu aux Salmonides, présente des caractères morphologiques et biogéniques qui la rapprochent davantage de la Zone à Salmonides que de la Zone à Brème. Son eau est plus froide, son courant plus rapide et sujet à de brusques et considérables variations de niveau ce qui exclut la présence de végétation aquatique et de potamoplancton. D'autre part, le fond du cours d'eau à Barbeau est souvent constitué de galets ou de sable mobile stérile ou très pauvre en nourriture et ce sont les rives stables qui seules offrent de la nourriture. WETTER (17).

De telles eaux sont manifestement moins productives que celles de la Zone à Brème et il est rationnel de leur appliquer la formule de productivité $K = \beta L$ des rivières à Truites, au moins tant que le faciès de la Zone à Brème tel que nous l'avons décrit ne sera pas réalisé, et cela d'autant mieux que la croissance du Barbeau est comparable à celle de la Truite et bien que le Hotu (quand il s'y trouve) soit le poisson qui tire le meilleur parti de la nourriture, ici clairsemée, des eaux.

J'ajouterai que, en vue d'une approximation plus grande surtout dans les Zones à Barbeau de nos grands cours d'eau rapides où un fond de sable mobile et stérile occupe souvent une large place, il sera bon d'évaluer approximativement la largeur moyenne l de ce fond sans valeur nutritive et de la retrancher de la largeur totale L du cours d'eau dans la formule de productivité qui deviendra alors $K = \beta (L - l)$. Le rendement sera donc d'autant plus élevé que l sera plus petit, c'est-à-dire que le fond sera plus stable, comme je l'ai constaté dans certaines rivières des Pyrénées et de Tunisie où $l = 0$ et dont le fond était tapissé de Barbeaux. Mais ce n'est pas un cas fréquent, la plupart de nos grandes rivières à Barbeau offrent seulement de la nourriture dans la région des rives sur les fonds stables ; de sorte que, en général, ces rivières ne dépassent pas le groupe moyen (IV à VI).

En terminant, il importe de faire remarquer que nos formules de productivité ne tiennent pas compte des migrateurs potamotoques (Aloses, Lamproies, Saumons), sur lesquels la capacité biogénique de la rivière est sans influence car ils ont effectué leur croissance en mer. Leur rendement, estimé par enquêtes, sera donc à ajouter au chiffre donné par la formule, pour l'établissement des statistiques de production et de productivité. C'est ainsi par exemple que, pour le Rhône post-lyonnais dont la formule de productivité nous donne 1.000 à 1.500 kilos-kilomètre (assez voisine de la production d'après la documentation de M. le conservateur GALLOIS), il faut

ajouter environ 300 kilos au kilomètre pour les Aloses et les Lampreies afin d'avoir une notion satisfaisante de la production totale, dans la région considérée. Tout récemment, R. VIBERT (18), qui a attiré l'attention sur la nécessité de comprendre les migrateurs potamotoques en matière de statistiques de rendement piscicole, a montré leur énorme importance pour les bassins de la Garonne et de l'Adour.

III

Facteurs de l'appréciation de la Capacité biogénique des eaux à Cyprinides.

L'appréciation de la Capacité biogénique des eaux à Cyprinides est certainement plus complexe que pour les eaux à Salmonides en raison de la diversité de leurs Poissons, de leur mode d'alimentation et de l'action prépondérante de certains facteurs physiques tels que température, vitesse et nature du fond beaucoup plus variées que dans la Zone à Truite.

Pour une judicieuse interprétation de la Capacité biogénique des eaux à Cyprinides il faut se rappeler que celle-ci n'est pas uniquement l'expression de la quantité de nourriture que l'eau offre au Poisson mais aussi celle des conditions favorables à la meilleure utilisation de cette nourriture, à son assimilation par les divers espèces de poissons qu'elle renferme ainsi qu'à l'existence et à la multiplication de ceux-ci. Car à quoi servirait une nourriture abondante dans une eau par ailleurs défavorable au Poisson ?

Comme l'a si bien défini le regretté LESTAGE (8) et (9) dans son *Manuel des pêcheurs*, p. 223, la Capacité biogénique doit envisager ici « l'ensemble des facteurs susceptibles de produire et de conserver la vie d'une eau à Poisson. »

Or ces facteurs comportent, naturellement et d'abord, les éléments vivants de la rivière, avant tout les divers poissons qu'elle renferme et la qualité et quantité des animaux nourriture qu'elle leur offre. Ce sont les *facteurs hydrobiologiques* les plus importants pour ne pas dire les seuls à envisager dans les eaux à Truites. Mais pour les eaux à Cyprinides, il importe, en outre, de tenir large compte d'autres facteurs non biologiques mais biogéniques, physiographiques, qui d'ailleurs régissent les premiers et conditionnent dans l'espace et dans le temps la répartition, la nutrition et la multiplication de leurs divers poissons et que l'on peut distinguer en :

Facteurs hydrophysiques (Température, transparence, couleur).

Facteurs hydrochimiques (Oxygène, pH, Alcalinité, pollutions).

Facteurs hydrogéologiques (terrains traversés, nature du fond).

Facteurs hydromécaniques (vitesse, obstacles).

Facteurs hydromorphologiques (contours et structure des rives, largeur, profondeur, profil en travers).

Nous allons jeter un rapide coup d'œil sur ces divers facteurs en insistant surtout sur ceux qu'il importe de ne pas négliger dans l'appréciation de la capacité biogénique des eaux à Cyprinides.

FACTEURS HYDROBIOLOGIQUES. — Ces facteurs sont les premiers à envisager car la première et indispensable connaissance à acquérir est la composition piscicole de la rivière, c'est-à-dire des poissons paisibles et carnassiers qu'elle renferme et leur proportion relative ce qui ne pourra s'acquérir que par des enquêtes verbales auprès des pêcheurs locaux et éclairés.

On abordera ensuite l'étude qualitative et quantitative de la faune nutritive, d'abord dans la région accessible des bords (littorale) à la main ou au troubleau, puis sur le fond à la drague. Cette faune de fond (larves d'Insectes, Vers, Mollusques, Crustacés, etc.) ou BENTHOS (BEHNIG) (2) est souvent très riche surtout dans les rivières à profil en travers en berceau et à fond stable argilo- ou sablo-vaseux. Elle est d'un grand intérêt à considérer. Malheureusement elle n'a été jusqu'ici que peu ou point étudiée en France et c'est là un beau programme de recherches pour notre Laboratoire central d'Hydrobiologie appliquée. N'est-ce pas cette étude qui a permis à DAMAS (3) de constater la richesse si variée du fond de la Meuse belge et d'y découvrir la présence d'espèces aussi curieuses qu'inattendues telles que le Bryozoaire endoprocte *Urnatella gracilis*, le seul représentant de ce groupe marin en eau douce et connu seulement d'une seule rivière américaine près de Philadelphie, les polypes minuscules (*Microhydra*) de *Craspedocusta Sowerbyi* dont la méduse se rencontre dans le potamoplancton, et le ver oligochète *Branchiura Sowerbyi* plus répandu qu'on ne le croyait jadis mais dont les stations connues sont encore très clairsemées. Nous verrons plus loin, à l'étude des facteurs hydrogéologiques, l'influence de la nature du fond sur la densité du Benthos.

D'autre part, la valeur nutritive des rivières à Cyprinides s'enrichit ici d'un nouvel élément qui manque dans les rivières à Salmonides c'est la plancton (potamoplancton) si précieux pour la nourriture des alevins et il importe d'avoir une idée de sa densité et de sa composition au moins en fin de printemps et en été. Il suffira pour cela de suivre la méthode élémentaire indiquée par ROULE (11) dans son *Manuel de Pisciculture*, p. 44 (1932), en traînant un petit filet circulaire de gaze fine de 36 centimètres de diamètre dans la partie supérieure des eaux et d'en recueillir le contenu au bout d'un trajet donné, par exemple 10 mètres (ce qui permet de filtrer un mètre cube d'eau) pour l'examiner au point de vue qualitatif et quantitatif. L'étude du potamoplancton a été jusqu'ici fort négligée en France et il sera du plus haut intérêt de la poursuivre méthodiquement en fonction de

la température, de la vitesse et des facteurs hydrochimiques. Les quelques recherches que nous avons poursuivies jadis avec le regretté PARIS dans la Saône vers Saint-Jean-de-Losne nous ont montré qu'il était fort riche et composé surtout de Cladocères, de Rotifères et de Copépodes (a).

A ce plancton s'ajoutent, temporairement, les innombrables petits alevins de Cyprinides (surtout de Gardons) qui viennent d'éclore et vivent en troupes constituant un « micronecton » éminemment nutritif pour les poissons plus gros qui en sont friands autant que des œufs déposés sur les frayères.

Et ceci nous amène à envisager en outre comme facteur hydrobiologique, la végétation aquatique submergée, émergée et flottante. La première (Myriophylle, Renoncule, Callitriche, Elodea, etc., abritant souvent une faune nutritive variée et assez riche alors que ses représentants les plus rigides (Ceratophylle, Charas, etc.), sont souvent le siège de frayères à Cyprinides. La seconde ou flore verticale (Roseaux, Joncs, Iris, Typha, Sparganium, Prêle, etc., toujours pauvre est, par contre, un facteur encombrant négatif. Il en est de même à notre avis des espèces flottantes telles que Nénuphar et Lentille d'eau, surtout lorsqu'elles couvrent la surface, interceptant l'action des radiations solaires ce qui, comme nous l'avons plusieurs fois constaté, entraîne une grande pauvreté dans la faune du fond malgré son caractère hydrogéologique favorable.

On n'oubliera pas, bien entendu, dans cet examen végétal, de tenir compte de la flore terrestre des rives, arbres, arbustes, herbe des prairies dont l'apport exogène (Insectes et leurs larves, Arachnides, etc.) sera loin d'être négligeable, le cas échéant, à la gent aquatique.

FACTEURS HYDROPHYSIQUES. — Température. — Avec la vitesse, facteur hydromécanique, la température de l'eau est le facteur hydrophysique essentiel auquel s'ajoutent secondairement la transparence et la couleur qui dépendent du plancton ou du charriage. C'est en effet la température qui règle, avec la vitesse, la répartition classique des poissons en zones dans les eaux courantes ; c'est d'elle que dépend leur multiplication et, dans une certaine mesure, leur nutrition.

Dans les rivières lentes à Cyprinides (Zone à Brème), la température superficielle de l'eau s'écarte peu de celle de l'air ambiant dont elle subit les variations saisonnières, et offre une amplitude de 0° à 30° C. au cours de l'année. Il importe surtout d'en avoir une idée au printemps et en été au moment de la reproduction des poissons, pour être fixé sur la possibilité de leur multiplication naturelle lorsque les conditions morphologiques (frayères) sont par ailleurs réalisées. A ce point de vue il ne sera pas inutile

(a) Pour une étude plus précise du plancton et du benthos des rivières lentes à Cyprinides, on utilisera les excellentes méthodes de prélèvement et d'analyse de P. VIVIER (19) au moyen de la sonde et de la benne preneuse de Friedinger, décrites dans ce *Bulletin* n° 130 (1943).

de rappeler que les exigences thermiques diffèrent quelque peu avec les espèces. D'après RAVERT-WATEL (10), la Carpe demande une eau d'au moins 20° C. et plus ce qui explique l'absence ou la rareté de sa multiplication dans beaucoup de rivières ; la Tanche 18°, la Brème 17°, le Meunier 12 à 15°, le Gardon 15 à 16°, le Barbeau 11 à 12°, la Perche 10 à 15° et le Brochet 13 à 15°. Ces chiffres qui sont des moyennes expliquent ainsi l'échelonnement dans le temps des périodes de fraie de ces différentes espèces et permettront de juger de la possibilité de reproduction de telle ou telle espèce dans une rivière donnée.

Par ailleurs, n'oublions pas que la température favorise le développement du plancton et aussi la croissance du poisson. En bref, on pourra dire que plus une eau à Cyprinides sera chaude en belle saison plus elle sera généreuse.

Inversement, il ne sera pas sans intérêt de savoir si, par les hivers rigoureux ou même moyens la rivière gèle complètement en surface plus ou moins longtemps ce qui peut être fort nuisible à ses hôtes.

Transparence et Couleur. — En ce qui concerne la transparence et la couleur, nos eaux à Cyprinides n'ont pas la limpidité des eaux à Truites. Elles sont souvent légèrement troubles en raison de fines particules d'humus des rives en suspension, ou verdâtres ce qui est généralement l'indice d'un plancton abondant. Par contre, on se méfiera d'une eau jaune ou brunâtre en terre de bruyère ou de marais qui dénote souvent un pH trop bas (eau acide).

FACTEURS HYDROCHIMIQUES. — Nous n'aurons pas à nous arrêter longtemps, en ce qui concerne les rivières à Cyprinides, sur les principaux facteurs hydrochimiques, Oxygène dissous, pH, alcalinité dont l'importance est surtout considérable pour les étangs et les eaux à Truites. La rivière à Cyprinides, se renouvelant constamment, et peuplée de poissons beaucoup moins exigeants à ces divers points de vue que la Truite, aura toujours, sauf dans des cas exceptionnels ou anormaux (déversements industriels, etc., qu'il ne faudra pas oublier d'envisager comme facteurs négatifs) un pH et une teneur en Oxygène suffisants pour son peuplement piscicole.

En ce qui concerne l'alcalinité, seules certaines rivières à eaux brunes non éloignées de leur source en terrain siliceux à Bruyère et à dépôt ferrugineux seront-elles suspectes et justiciables d'un examen de pH et d'alcalinité. Mais en général une rivière à Cyprinides qui est déjà loin de son origine a suffisamment « roulé » pour avoir assez de calcaire pour la protéger contre une acidité éventuelle et d'ailleurs elle n'en a jamais trop.

FACTEURS HYDROGÉOLOGIQUES. — Nous considérons comme facteurs hydrogéologiques : — 1° la nature des terrains traversés dans lesquels le

cours d'eau à creusé son lit et — 2° la nature du fond qui en dépend dans une large mesure surtout lorsque la vitesse du courant est faible.

Terrains traversés. — Les rivières lentes à Cyprinides sont bien rarement en contact direct avec des roches en place, granitiques ou calcaires, car elles coulent généralement au fond de larges vallées dans des terrains alluvionnaires chargés d'humus. Néanmoins leur teneur en calcaire (indice favorable) sera sous la dépendance de la nature géologique de la région d'où elles proviennent et qu'elles ont traversées.

Nature du fond. — Devenue rivière lente à Cyprinides, elle déroule ses méandres au milieu de cultures ou de prairies dans un terrain humique d'où résulte pour elle un fond vaseux, argilo- ou silico-vaseux propice au développement de la faune de fond (Vers Oligochètes, larves de Chironomes, de Sialis, d'Ephémères, Mollusques, etc.).

D'une façon générale on peut dire que plus le fond est stable plus sa faune est riche comme l'ont déjà fait remarquer RICHARDSON pour l'Illinois river et SCHAPERCLAUS (14) pour le Main où il trouve dans les endroits tranquilles une quantité de faune de fond supérieure à celle d'un étang à Carpes de valeur moyenne.

BEHNING dans sa belle étude sur la Volga (2) insiste tout particulièrement sur l'importance de la richesse en nourriture en fonction de la nature du fond et donne des tableaux d'où il découle nettement que les fonds argilo-vaseux offrent la biocénose la plus riche et la plus variée ; puis viennent les fonds vaseux et les fonds purement argileux déjà plus pauvres et enfin les fonds de sable pur et de galets extrêmement pauvres. C'est aussi l'avis de HENTSCHEL (5) qui constate que, même immobilisé, le fond de sable pur est encore très pauvre par rapport au fond stable des rives.

Pour nous, lorsque les fonds de sable ou de gravier sont mobiles et en plein courant celui-ci étant alors suffisant pour les entraîner, ils sont réellement sans valeur nutritive ainsi que nous l'avons constaté pour des grandes rivières de la Zone à Barbeau comme l'Isère, la Durance, le Rhône, etc., ce qui justifie pour elles notre formule $K = \beta (L - 1)$ bien que la plupart ne dépassent pas le groupe moyen. (IV à VI).

FACTEURS HYDROMÉCANIQUES. — *Vitesse.* — Le facteur hydromécanique essentiel à considérer est la vitesse, fonction de la pente et du débit. Avec la température qui est d'ailleurs le plus souvent sous sa dépendance, c'est lui qui domine l'hydrobiologie piscicole de nos rivières. A la vitesse se rattachent en effet d'importants caractères biogéniques de l'eau (température, oxygène), la manière d'être du fond, la composition et le caractère de sa faune et même de sa flore, la présence ou l'absence de potamoplanton, la répartition et la nature des poissons le long du cours d'eau. C'est ainsi que les formes allongées en fuseau, propices à lutter contre le cou-

rant : Truite, Ombre, Barbeau s'échelonnent dans les eaux assez rapides alors que les formes larges : Tanche, Carpe, Brème, Rotengle, etc., sont les hôtes des eaux paisibles (Zone à Brème).

Bref, la vitesse nous apparaît comme un facteur qui mérite d'être envisagé avec attention et apprécié convenablement, c'est-à-dire d'une façon moins vague que celle par laquelle on a coutume de la désigner au simple coup d'œil par les termes de lente, modérée ou rapide. Sans vouloir prétendre à une précision d'hydraulicien on essaiera donc par le moyen le plus simple, à flotteur perdu (chronométrage du temps en secondes que met un flotteur quelconque, par exemple, un bout de papier ou un bouchon lesté à parcourir une distance donnée soit 20 mètres) d'apprécier cette vitesse, en répétant l'opération en plusieurs points et prenant la moyenne. C'est le procédé également recommandé et considéré comme suffisant par GEYSKES (4). Il faudra choisir les endroits à fond plat, à direction rectiligne et libres d'obstacles ; bien entendu, où le cours est régulier et en se rappelant que la vitesse est toujours plus grande au milieu du courant que sur les bords et sur le fond.

On évitera de faire l'opération en hautes eaux où la vitesse est accrue dans des proportions souvent énormes, ce qui la rendrait sans valeur.

La vitesse s'exprime en centimètres-seconde.

Cette vitesse moyenne ainsi évaluée d'une façon très simple peut être désignée comme « vitesse piscicole ». Entre des mains exercées et connaissant la nature du fond et la température de l'eau, elle suffirait presque à donner une idée approximative de la valeur de la rivière.

Au point de vue piscicole, dans nos cours d'eau, en dehors des crues, cette vitesse s'échelonne entre 0 et 2 mètres-seconde et si l'on veut lui donner un qualificatif qui nous paraît justifié, on pourra désigner comme :

Très lente, une vitesse de 0 à 10 centimètres-seconde.

Lente, une vitesse de 10 à 20 centimètres-seconde.

Assez lente, une vitesse de 20 à 30 centimètres-seconde.

Modérée, une vitesse de 30 à 50 centimètres-seconde.

Assez rapide, une vitesse de 50 à 70 centimètres-seconde.

Rapide, une vitesse de 70 à 100 centimètres-seconde.

Très rapide, une vitesse de 100 à 200 centimètres-seconde ; et au-dessus.

Dans nos torrents de montagne à l'étiage, la vitesse piscicole la plus rapide ne dépasse guère 2 mètres-seconde et cela à la limite amont de la Zone à Truite. A cette vitesse et même déjà bien au-dessous (à partir de 1 mètre) le poisson doit faire un effort considérable pour se maintenir en place en plein courant. Il s'abrite alors dans les points morts des tombées de cascades ou des contre-courants latéraux à l'aval des grosses pierres où, partisan du moindre effort, il sera à l'abri sans fatigue et en embuscade alimentaire. Il y a ainsi dans les rivières rapides des lieux de séjour fort

convoités par les gros sujets, véritables logements à Truites déterminés par l'hydro-mécanique piscicole et qui, dès qu'ils sont libérés par le pêcheur avisé qui les connaît bien, sont aussitôt occupés par un nouveau locataire.

Mais je m'aperçois que je sors du sujet puisque nous voilà dans les eaux à Truite alors que je n'envisage ici que les rivières à Cyprinides. Ici sont les vitesses les plus lentes ; les vitesses de 0 à 20 centimètres-seconde sont les meilleures et les plus riches en potamoplancton et en faune de fond. Au dessus, de 20 à 40 centimètres-seconde, vitesse assez lente et modérée, vient la région à Suiffe et Meunier. De 40 à 60 centimètres-seconde, où la faune des eaux assez rapides commence à succéder à celle des fonds tranquilles, apparaît le Barbeau, puis viennent les Salmonides, d'abord les Ombres auxquels conviennent particulièrement les vitesses assez rapides et régulières, puis les Truites qui s'accommodent bien des vitesses rapides mais se tiennent plus volontiers en nombre dans les courants modérés ou assez rapides moins fatigants.

Obstacles. — Enfin, au facteur hydromécanique vitesse, est à rattacher l'action des obstacles, grands barrages ou cascades franchissables ou infranchissables qui, en apportant au courant des modifications brusques et localisées, gênent la remontée ou limitent la présence de certaines espèces et dont il y aura lieu de tenir compte ainsi que des échelles à poissons qui peuvent pallier à ces inconvénients.

FACTEURS HYDOMORPHOLOGIQUES. — Outre la largeur et la profondeur qui influent secondairement sur la répartition et la taille des sujets, nous entendons par là les caractères topographiques et la forme du cours d'eau à Cyprinides, de son fond et de ses bords qui jouent un rôle important sur sa productivité.

Une rivière naturelle à Cyprinides, circulant lentement en plaine, est souvent sinueuse et présente des anses, des délaissés, des bras morts où l'eau très ralentie, parfois stagnante au moins temporairement, riche en végétation, est un lieu de production d'un plancton abondant qui gagne peu à peu la rivière. Ce sont là aussi des lieux de frayères pour les Cyprinides (Gardons, Brème, etc.) qu'il importe de repérer et de protéger car ces frayères naturelles suffisent le plus souvent à entretenir le peuplement de la rivière et même au delà, fournissant en surplus d'innombrables petits alevins qui constituent un nectoplancton de haute valeur nutritive. Plus notre rivière offrira de tels diverticules plus elle sera féconde.

Par contre, une rivière rectifiée ou même rectiligne sera moins riche ; et encore moins si elle est canalisée et endiguée, ce qui ne lui laissera guère que la faune de fond qu'il importera alors de ne pas négliger et d'apprécier à sa juste valeur.

Cette faune de fond ou Benthos est, en quantité et qualité, fonction de la nature de ce fond, de son profil en travers et de la vitesse du courant

(BEHNING) (2). Ainsi un fond homogène sur toute sa largeur (profil en travers en berceau) sera plus riche qu'un fond plat avec des bords à pic ou un fond surcreusé ; mais nous ne connaissons pas assez le Benthos de nos rivières françaises pour apporter plus de précision à ce sujet. C'est une question qui devra être l'objet de recherches méthodiques en tenant compte de la nature du fond, de la température et de la vitesse du courant.

Enfin il y a lieu de tenir compte comme se rattachant à la morphologie de la rivière, des possibilités d'inondation dues à des bords peu élevés. Les poissons entraînés par la crue sur les prairies submergées y trouvent une nourriture abondante et variée de Vers, de Mollusques, d'Insectes terrestres chassés par l'eau et s'attardent volontiers dans les dépressions formant de petits étangs au retrait des eaux, où le filet des pêcheurs aura tôt fait de les capturer. Ce rendement inattendu et plus ou moins licite est parfois considérable. Ainsi pour la Saône on estime à 3 ou 400 kilos au kilomètre les poissons ainsi capturés chaque année dans les endroits propices, à la faveur des inondations.

Tels sont les différents facteurs dont la connaissance nous permettra de dégager la « Physionomie biologique » de nos rivières à Cyprinides qui nous servira de base pour apprécier leur capacité biogénique.

IV

Physionomie biologique des 3 groupes de valeur des eaux à Cyprinides.

Après considération des divers facteurs exposés ci-dessus relativement au cours d'eau envisagé et aidé d'une première orientation basée sur les renseignements des pêcheurs locaux, on en déduira, comme nous l'avons fait pour les rivières à Salmonides (7) la physionomie biologique permettant d'abord de le classer dans l'un des trois groupes de productivité : riche, moyenne ou pauvre. Après quoi on s'efforcera, selon ses caractères particuliers les plus significatifs, d'apprécier le degré de l'échelle de capacité qui lui convient avec une approximation sinon très satisfaisante du moins suffisante pour éviter les grosses erreurs que l'on trouve trop souvent dans les statistiques actuelles quand il en existe.

Rappelons d'abord que notre groupe riche (β de VII à X) correspond pour les rivières à Cyprinides avec la formule $K = 2 \beta L$, à une productivité de 140 à 200 kilos à l'hectare ; notre groupe moyen (β de IV à VII) à une productivité de 80 à 140 kilos et notre groupe pauvre (de I à IV) à une productivité de 20 à 80 kilos-hectare.

Ces valeurs ne paraîtront pas exagérées si l'on remarque que pour la Saône, l'association des fermiers et permissionnaires de pêche (1) déclare

p. 7 un rendement annuel, c'est-à-dire une production légale de pêche, de 120 kilos à l'hectare (forcément inférieure à la productivité). Et si l'on veut comparer ces valeurs à celles concernant le rendement des lacs donné par SCHAPERCLAUS dans son étude si documentée (13) parue en 1936 nous verrons que cet auteur répartit ceux-ci en cinq groupes de valeurs allant de 10 jusqu'à 160 kilos-hectare. Notons qu'il s'agit ici de lacs et, comme plus haut, de rendement c'est-à-dire de production, toujours inférieure à la productivité.

On sait d'autre part que les limnologues répartissent les lacs en trois types biologiques selon leur valeur biogénique et leurs caractères morphologiques : — les lacs « eutrophes » les plus riches, — les lacs « oligotrophes » plus pauvres — et les lacs « dystrophes » tout à fait pauvres. Ces trois types correspondent assez bien à nos trois groupes de rivières à Cyprinides qui pourraient ainsi recevoir la même appellation et justifient en tous cas la division en trois tranches que nous avons adoptée pour celles-ci.

A titre d'indication et d'exemple nous donnerons ici les principaux caractères déterminant la physionomie biologique de chaque groupe et les particularités sur lesquelles on devra se baser pour préciser au mieux le degré de capacité dans celui-ci.

Groupe riche ou eutrophe (VII à X). — Tout d'abord on peut admettre en principe que la plupart des rivières à Cyprinides lentes et profondes « bien assises » en prairies ou cultures et qualifiées de poissonneuses par les pêcheurs locaux sont à ranger dans ce groupe riche dont les caractères fondamentaux sont : courant lent ou très lent, eau chaude en été, richesse en plancton, fond stable plus ou moins riche en faune nutritive, avec végétation submergée et frayères le long des rives. Ces rivières du groupe riche sont très répandues dans nos grandes régions de plaine et leur valeur est trop souvent méconnue ou sous estimée.

Réservant le maximum de X pour des cas exceptionnels et localisés, de tronçons de rivières équilibrés au mieux dans leur composition piscicole, très riches en plancton et en faune de fond, à *facies* de bon étang, les valeurs VIII et IX seront à choisir entre les bonnes rivières non rectifiées à profil en travers en berceau offrant des délaissés propices aux frayères et au développement du plancton, selon leur richesse en faune nutritive endogène et exogène et enfin en tenant compte de leur pêchabilité.

A la valeur VII répondront encore de bonnes rivières à fond surcreusé ou à bords naturels à pic, moins riches que les précédentes, à flore littorale verticale, à courant encore assez lent et à frayères très localisées.

Groupe moyen ou oligotrophe (IV à VII). — A la partie supérieure V à VII du groupe moyen se rangent les rivières à cours encore assez lent ou modéré mais déjà moins riches en plancton, rectifiées, canalisées ou

endiguées, à délaissés rares ou nuls, pauvres en végétation submergée et en frayères, présentant par places de la végétation verticale aux bords. La densité de la faune de fond servira de guide pour estimer le degré de capacité, certains canaux à fond propice réservant parfois à ce sujet d'agréables surprises. Tel le canal de Bourgogne dont le fond mis un jour à sec nous apparut tapissé de Branchiures et de larves de Chironomes.

C'est à la base de ce groupe moyen (IV à V) que se placent les tronçons de rivières qui font transition avec la Zone à Barbeau où, la vitesse augmentant, la profondeur diminue et le plancton disparaît. La végétation littorale se raréfie et la faune du fond qui devient sableux et souvent mobile est de plus en plus clairsemée sauf dans la région plus stable des rives. Et ceci nous amène à la Zone à Barbeau proprement dite qui, avec son eau plus froide, déjà assez rapide et moins profonde, sans végétation, son fond de sable ou de galets, se place à la base du groupe moyen avec un coefficient de IV à V, exceptionnellement VI, lorsque la faune des rives stable est encore assez riche et dont la productivité sera à coter avec la formule $K = \beta L$ ou $K = \beta (L - 1)$.

Groupe pauvre ou dystrophe (I à IV). — Les rivières à classer dans le groupe pauvre se présentent sous deux aspects bien différents ; l'un ayant le *facies* de Zone à Cyprinides, l'autre celui de Zone à Barbeau.

Le premier, type réel de rivière dystrophe, d'ailleurs rare chez nous, a l'allure lente et le fond vaseux d'une rivière à Cyprinides dont l'eau draine en serpentant des terrains tourbeux ou des terres de bruyère. Des Carex, des Prêles et des Nénuphars clairsemés en garnissent les bords ou la surface. Cette eau qui révèle parfois un rare plancton à dominante Cyclops est jaune ou brunâtre et son pH dénote une acidité défavorable. Ces rivières parfois assez profondes et à fond de vase végétale hébergeant des larves de Stalis, de Chironome, de Corethra et de Libellules, sont à juste raison réputées pauvres et l'on n'y rencontre que quelques Gardons, Vairons, Epinoches et parfois des Tanches. Des Meuniers ou de rares Brochets provenant d'eaux meilleures viennent parfois s'y égarer. Ces rivières qui ne sont guère améliorables sont à coter de I à IV avec la formule de la Zone à Cyprinides $K = 2 \beta L$, selon leur pH et leur densité piscicole. En général elles s'améliorent d'elles mêmes par la suite lorsqu'elles ont cheminé quelque temps en terrain calcaire.

Le second type de notre groupe pauvre, très différent du précédent, correspond à un *facies* de Zone à Barbeau extrêmement appauvri par la rapidité et la variabilité du courant et du niveau de l'eau qui entraînent la pauvreté de son fond souvent instable de gros galets ou de graviers sans trace de végétation et de couverture biologique. Telles sont, par exemple, les parties basses des rivières issues des régions montagneuses du Midi ou ne se tiennent guère que quelques Barbeaux, Meuniers, Suiffes, Chabots, Goujons, à coter de I à IV selon la densité piscicole et la stabilité

du fond avec la formule de productivité de la Zone à Barbeau $K = \beta L$ ou $K = \beta (L - 1)$ si le fond stérile est important.

Tels sont les principaux traits qui permettront au débutant de classer aussi judicieusement que possible, dans l'échelle de capacité, une rivière à Cyprinides après avoir tenu compte, s'il y a lieu, des facteurs négatifs (pollutions, dérivations, assèchements, etc.).

V

Exemple de la Saône.

Au cours du long trajet pendant lequel la Saône borde à l'Est le département du Rhône avant d'y pénétrer pour se jeter dans le Rhône, la Saône mesure une largeur moyenne de 200 mètres et une profondeur de 4 à 5 mètres, avec berge en pente douce, délaissés riches en végétation aquatique avec frayères et une faune de fond où domine par places la larve fouisseuse d'Ephémère (*Polymitarcis virgo*) qui produit la Manne en quantité prodigieuse en temps chaud de l'année où elle constitue un apport nutritif énorme pour les poissons.

Au surplus, outre des rives riches en exogène et grâce à son cours très lent et à sa température élevée en été, elle offre un potamoplancton assez abondant avec dominante Cladocères, Rotifères et Cyclops.

Sans insister davantage sur la valeur nutritive de la Saône nous pouvons, sans risquer de nous tromper, la placer dans le groupe supérieur, riche, des eaux à Cyprinides et lui attribuer sans aucune exagération au moins VIII dans l'échelle de capacité biogénique.

En lui appliquant notre formule $K = 2 \beta L$ nous avons donc pour une largeur moyenne de 200 mètres une productivité théorique de $K = 2 \times 8 \times 200 = 3.200$ kilos au kilomètre.

Ce résultat paraîtra sans doute excessif à qui a pu lire comme moi dans les C. R. de l'Ac. d'Agr. de France, séance du 20 Novembre 1940, sous le titre « Sur l'intensification indispensable de la production du poisson d'eau douce », que la valeur de nos rivières était méconnue et que certaines « belles rivières comme la Saône et la Dordogne étaient capables de fournir jusqu'à 100 kilos de poisson par kilomètre et par an ».

L'écart (a) encore que réjouissant, m'a paru si considérable que j'ai tenu à me documenter de façon aussi précise que possible sur la production réelle de cette rivière, c'est-à-dire sur son rendement effectif en poisson pêché. Trois enquêtes indépendantes émanant de sources les plus qualifiées vont nous montrer que mes prévisions de productivité sont justifiées et même plutôt en dessous de la réalité car il n'est pas fait état dans ma

(a) S'il n'est pas dû à une regrettable faute d'impression.

formule des migrateurs potamoloques (ici l'Alose et la Lamproie) pour la raison indiquée au début de ce mémoire.

Je dois la première enquête à M. le Conservateur SORNAY qui, avec un empressement et un soin dont je ne saurais trop le remercier, a bien voulu me renseigner sur le rendement piscicole de la Saône aux environs de Forges-les-Mâcon. Largeur 200 à 250 mètres, moyenne 225 mètres. Sur un kilomètre de longueur il est pêché annuellement: — 1° par les adjudicataires 1.000 kilos de gros poissons + 1.000 kilos de petits + 400 kilos de

FIG. 3. — La Saône (zone à Brême), à Collonges. (Cliché ARNAUD)
(β = VIII - IX)

poisson-chat, soit 2.400 kilos ; plus — 2° par les pêcheurs à la ligne 300 kilos ; plus, par les pêches d'inondation et braconnage 400 kilos. — Total : 3.100 kilos.

Une seconde documentation (1) émane d'une requête (imprimée à Tournus) de l'Association des fermiers et permissionnaires de pêche de Saône-et-Loire, du Rhône et de l'Ain (qui n'a pas intérêt à majorer ses chiffres) et intitulée « De la production piscicole aux étangs et dans nos cours d'eau », d'après laquelle il est pêché annuellement dans la Saône, entre Châlon et Lyon avec une moyenne de 200 mètres de large, 2.400 kilos au kilomètre, sans compter le braconnage ce qui conduit à un total de 2.800 kilos environ.

Enfin une troisième indication nous est fournie par M. ARNAUD, enquêteur piscicole officiel, ancien élève de notre Laboratoire, auquel nous

devons une étude très méticuleuse de la Saône, d'après laquelle la production légale de cette rivière pour une largeur de 200 mètres de Châlon à Neuville, serait de 2.000 kilos au kilomètre à laquelle il faut ajouter le braconnage et la pêche d'inondation ce qui conduit à un rendement effectif total de 2.600 kilos.

En résumé et d'après trois enquêtes menées d'une façon indépendante avant la guerre, le rendement en poisson pêché, c'est-à-dire la production en kilos-kilomètre de la Saône et pour 200 mètres de large en moyenne, oscille entre 2.600 et 3.100 kilos. Soit une moyenne d'environ 3.000 kilos.

Ce chiffre est assez voisin de la productivité théorique, 3.200 kilos, obtenue par la formule $K = 2 \beta L$ pour laisser penser que la Saône est assez bien pêchée (braconnage compris) et remplit au mieux son devoir de facteur nourricier.

Cet exemple suffira pour montrer que notre formule est satisfaisante et que, même sans frais d'intensification, si toutes nos rivières à Cyprinides étaient bien entretenues et convenablement exploitées, ce qui n'est malheureusement pas le cas en raison de l'absence ou de l'insuffisance de professionnels sans parler de l'insuffisance des pêcheurs à la ligne, elles seraient, rien qu'avec leurs poissons sédentaires, d'une précieuse ressource pour l'économie alimentaire du pays.

VI

Résumé et Conclusions.

Nous croyons qu'il est possible d'apprécier avec une approximation satisfaisante, tout au moins au point de vue économique et administratif comme nous l'avons fait pour les rivières à Truites, la valeur piscicole d'une rivière à Cyprinides, en fonction de sa largeur L et de sa capacité biogénique β , après étude des facteurs qui régissent celle-ci : morphologie, vitesse moyenne, température d'été, végétation, faune du fond, potamoplancton, etc., complétée par une enquête locale sur la pêche au point de vue qualitatif et quantitatif. Cette enquête préalable est ici indispensable car le peuplement des rivières à Cyprinides est un peuplement hétérogène dans lequel dominant des Cyprinides de taille et de valeur très inégales les uns plus populeux et souvent médiocres : Ablettes, Hotus, Gardons, Meuniers et Brèmes, les autres plus appréciés mais plus clairsemés, Carpes, Tanches et, occasionnellement, Barbeaux, auxquels s'ajoutent des Carnassiers plus estimés : Brochets, Perches, Anguilles, Lotes, dont la proportion relative ne peut être connue, au moins approximativement, qu'après information auprès des pêcheurs locaux.

Par l'ensemble de leurs caractères biogéniques et notamment leur température d'été, la lenteur du courant, leur richesse en faune benthique et planctonique, leur végétation submergée, les rivières à Cyprinides qui correspondent à la Zone à Brème sont d'autant mieux comparables aux étangs que beaucoup d'entre elles offrent avec leurs anses, îlots, bras morts, barrages, etc., toutes les transitions possibles avec ces derniers. Comme ceux-ci elles hébergent une population piscicole très prolifique dont certaines espèces : Carpes, Brochets, ont une croissance, activée par la température, au moins deux fois plus rapide que la Truite et on comprend dès lors que, par suite d'une meilleure utilisation et répartition de la nourriture, leur rendement en poids soit supérieur à celui des eaux à Truites.

Il a d'ailleurs été reconnu depuis longtemps que la productivité des étangs naturels à Cyprinides est, à surface égale, double de celle des étangs froids à Truites. Un tel rapport doit donc subsister entre les rivières lentes et chaudes à Cyprinides et les rivières froides et rapides à Salmonides. Et si l'on adopte pour les rivières à Truites la formule de productivité $K = \beta L$ qui a fait ses preuves, celle des rivières à Cyprinides telles que nous les avons définies sera donc le double, c'est-à-dire $K = 2 \beta L$. Mais il importe de ne pas oublier que notre productivité, basée sur la capacité biogénique de la rivière, ne comprend pas le rendement en migrateurs potamotoques (Saumons, Aloses, Esturgeons, Lamproies) qui ont effectué leur croissance en mer. Ce rendement, parfois considérable pour certaines grandes rivières et estimé par enquêtes, sera donc à ajouter à la productivité obtenue par notre formule, pour avoir une idée précise de la valeur économique réelle du cours d'eau considéré.

En ce qui concerne la Zone à Barbeau des rivières mixtes, zone à limites indécises où la Truite cède peu à peu la place au Barbeau (poisson de fond et d'eau courante de croissance comparable à la Truite) et à ses acolytes, Meunier, Hotu, la formule $K = \beta L$ des eaux à Truites sera conservée tant que le *facies* d'eau courante sans végétation aquatique se maintiendra et l'on appliquera la formule $K = 2 \beta L$ lorsque le *facies* de rivière à Cyprinides, même avec présence du Barbeau, sera réalisé.

Dans les larges cours d'eau encore assez rapides où la Zone à Barbeau est parfois très étendue et où une notable partie du fond est occupée, par du sable mobile, la largeur moyenne l de ce fond stérile sera à retrancher de la largeur totale L et la formule deviendra $K = \beta (L - l)$.

Comme pour les rivières à Truites, il sera facile de classer au point de vue économique nos rivières à Cyprinides selon leur « physionomie biologique » esquissée au cours de cette étude, en trois groupes :

I. Groupe inférieur ou pauvre (β de I à IV). — Ex. : rivières acides en tourbières, marais ; rivières à fond de sable ou de galets, à débit très variable, des parties basses des régions escarpées du Midi, etc.

II. Groupe moyen (β de IV à VII) — Ex. : rivières à fond pauvre mais à rives riches ou inversement ; zones à dominante Barbeau, rivières canalisées, canaux, etc.

III. Groupe supérieur ou riche (β de VII à X) — Ex. : rivières lentes de plaine, herbeuses avec îlots, bras morts, etc., riches en plancton, à faune nutritive répartie sur toute la largeur du fond (profil en berceau). Les degrés supérieurs IX et X étant réservés à des points exceptionnels à caractères de bons étangs.

Dans chacun de ces trois groupes on s'efforcera, avec un jugement réfléchi, de préciser la valeur de β selon l'importance et la composition de la faune piscicole (enquêtes locales) la présence de frayères, la densité et la composition de la faune nutritive, le plancton, l'allure du courant, la végétation, etc., etc., sans oublier les pollutions et les assèchements (facteurs négatifs) en se rappelant que β n'est pas ici uniquement défini par la quantité de nourriture, mais représente l'expression synthétique des conditions de vie piscicole qui déterminent la valeur productive du biotope considéré.

L'appréciation de β , relativement simple pour les eaux à Truites à rendement homogène, est donc forcément plus complexe pour les eaux à Cyprinides en raison des multiples facteurs physiographiques qui interviennent et surtout de la variété des poissons qu'elles renferment, de leur mode d'alimentation souvent différent et dont les uns servent de nourriture aux autres sous forme d'œufs, d'alevins et même d'adultes. Il est superflu d'ajouter qu'il ne peut s'agir ici d'une précision mathématique à laquelle il serait vain de prétendre, mais d'une indication aussi rapprochée que possible de la réalité permettant tout au moins de porter un jugement autorisé sur la valeur économique de la rivière.

On pourrait ainsi constater que la plupart de nos vraies rivières lentes à Cyprinides de plaine ou de fond de grandes vallées (Zone à Brème) appartiennent au groupe supérieur (ex. la Saône avec une productivité moyenne de 3.200 kilos au kilomètre pour une largeur moyenne de 200 mètres) mais leur valeur est souvent méconnue ou sous-estimée et leur rendement actuel est, pour la plupart, très inférieur à leur productivité en raison de ce qu'elles sont insuffisamment ou mal pêchées, souvent mal entretenues, mal surveillées, polluées ou d'un peuplement mal assorti.

Une amélioration certaine de leur rendement serait obtenue en tenant compte de ces considérations après étude de leur morphologie et de leur capacité biogénique en regard des espèces les plus avantageuses.

En raison de leur productivité théoriquement double en poids de celle des rivières à Truites, de leur composition piscicole hétérogène en poissons de calibre très varié, parfois considérable, de mœurs différentes et fort prolifiques, il apparaît de toute évidence que nous ne pouvons pré-

tendre retirer le rendement normal de nos rivières à Cyprinides avec le seul concours de la pêche à la ligne. Comme pour les étangs non vidables et les lacs, la pêche professionnelle aux filets et aux nasses doit entrer en jeu pour une large part et y être pratiquée méthodiquement si l'on veut, dans l'intérêt économique national, tirer le profit maximum de la nourriture qu'elles nous offrent.

Si les rivières à Truites sont des rivières de luxe dont de nombreux et habiles sportifs, bien équipés peuvent retirer le rendement rationnel (et parfois au delà lorsque sévit le braconage), à leur grande satisfaction et à celle des privilégiés qui ont le moyen de s'offrir un aliment délicat mais onéreux, les rivières à Cyprinides sont des rivières démocratiques que nous avons le devoir de mettre en valeur, d'exploiter et de protéger au même titre que les premières car, rationnellement et suffisamment pêchées, elles pourraient fournir à meilleur compte à l'alimentation populaire, un apport aussi utile qu'apprécié et beaucoup plus important qu'on ne le croit généralement.

OUVRAGES CITÉS

1. Association amicale des fermiers et permissionnaires de pêche de Saône-et-Loire, Rhône et Ain. Plaquette imprimée à Tournus. Imp. Schenck vers 1923.
2. BEHNING (A.). — Das Leben der Volga : die Binnengewässer Bd. 5 1928.
3. DAMAS (H.), 1938. — Sur la présence dans la Meuse de *Branchiura*, *Graspédacusta* et *Urnatella*. Ann. de la S. royale de Belgique. T.LXIX, 1938.
4. GEIJSKES (D. C.), 1935. — Faunistisch, ökologische Untersuchungen. Tijdschrift voor Entomologie. Bd.78, 1935.
5. HENTSCHEL (E.), 1923. — Grundzüge der Hydrobiologie. Iéna 1923.
6. LÉGER (L.), 1910. — Principes de la méthode rationnelle du peuplement des cours d'eau à Salmonides. La capacité biogénique. Trav. du Lab. de Pisc. de l'Un. de Grenoble. Fasc. I, 1910.
7. LÉGER (L.), 1937. — Économie biologique générale des cours d'eau alpins. *Bullet. français de Pisciculture*, n° 109, 1937.
8. LESTAGE (J. A.), 1928. — Importance de l'étude de la capacité biogénique des eaux. Conférence à la Soc. centr. pour la protection de la pêche fluviale. Bruxelles, Imp. Bulens.
9. LESTAGE (J. A.). — *Manuel des pêcheurs*. Édition de la Soc. centrale pour la protection de la pêche fluviale. Bruxelles (sans date).
10. RAVERET-WATTEL, 1904. — *La pisciculture*. T. 2. Paris, Klincksieck, 1904.
11. ROULE (L.), 1932. — *Manuel de pisciculture*. Paris, Hachette, 1932.
12. SCHAPERCLAUS (W.), 1933. — *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. Berlin, 1933.
13. SCHAPERCLAUS (W.), 1936. — Eine neue klassenteilung für die Naturalröherträge mitteleuropäischer Binnenseen. *Zeitsch. f. Fischerei*. Bd. 34, 1936.
14. SCHAPERCLAUS (W.), 1938. — Fischereibiologische Verhältnisse in der Barbenregion eines Flusses. *Fischerei Zeitung* Heft 28-29, 1938.
15. SELIGÓ (A.). — Die Fischerei in den Flüssen. *Handbuch der Binnenfischerei* de Demoll et Maier. Bd. V, Lief. I, Stuttgart, 1925.
16. TAURKE (Fr.), 1927. — *Die Fischzucht und Fischhaltung*. Hannover, 1927.
17. VETTER (H), 1939. — Fischereifragen in gestauten Main. *Allg. Fisch. Zeitung*, Mars.
18. VIBERT (P.), 1945. — Les Poissons migrateurs dans l'économie piscicole du Sud-Ouest. *Bullet. fr. de Pisciculture*. Janvier-Mars 1945.
19. VIVIER (P.), 1943 et ses Collaborateurs. — Études hydrob. piscicoles sur les étangs de la Haute-Somme. *Bullet. fr. de Pisciculture*, n° 130, 1943.
20. WALTER (E.), 1906. — *Die Kleinteichwirtschaft* Neudamm, 1906.