RECHERCHES HYDROBIOLOGIQUES SUR LES RIVIÈRES, MARES ET ÉTANGS DU DOMAINE NATIONAL DE RAMBOUILLET

Par M. MARCEL LEFÈVRE,

Assistant de Cryptogamie au Muséum,
Chargé, par le *Centre National de la Recherche Scientifique*, de recherches hydrobiologiques
appliquées à la pisciculture.

Par l'abondance et la nature très diverses de ses eaux, le Domaine de Rambouillet était bien fait pour tenter la curiosité d'un algologue.

Aussi, y a-t-il plus de vingt-deux ans que, chercheur alors bien novice, j'effectuais mes premières récoltes de plancton dans le Rondeau et les Canaux du parc.

Je n'ai cessé depuis de multiplier chaque année les prélèvements et les observations, ce qui me permet de présenter aujourd'hui une étude d'ensemble sur l'hydrobiologie de ces pièces d'eau (1).

Les rapports de la microflore et de la microfaune avec la population piscicole étant évidents, j'ai cru utile d'étendre les recherches au domaine ichthyologique afin de pouvoir tirer des conclusions d'ordre à la fois théorique et pratique susceptibles d'être appliquées à la mise en valeur des eaux pour en obtenir le rendement maximum. Il est bien évident que, dans un Domaine comme le Parc de Rambouillet, la raison d'être des pièces d'eau est, avant tout, de contribuer à l'harmonie du paysage, mais, puisque certaines d'entre elles semblent devoir se prêter à la pisciculture, il serait dommage de les laisser inutilisées, leur exploitation rationnelle pouvant permettre, à peu de frais, le réempoissonnement d'autres étangs du Domaine ou de la forêt moins bien partagés au point de vue biogénique (2).

*

**

Le Domaine de Rambouillet est divisé en deux parties : le Grand Parc et le Parc proprement dit.

(1) Je remercie bien vivement M. le Professeur P. ALLORGE, Directeur du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum, qui s'est intéressé à mes travaux, les a encouragés, m'a aidé de ses précieux conseils tant bibliographiques que techniques, et m'a laissé disposer de tout le loisir nécessaire aux études sur le terrain.

(2) Je ne saurais oublier le dévouement de mon ami J. ROMAND qui m'a ménagé ni son temps ni sa peine pour me conduire à maintes reprises sur les lieux d'observation, qui m'a apporté une aide extrêmement efficace au cours de nombreuses manipulations délicates et dont la profonde connaissance des mœurs des poissons m'a été très précieuse.

C'est dans le Parc que sont situés le Rondeau, les Canaux et les Rivières Anglaises. Cette partie du Parc est ouverte au public avec autorisation de pêche dans une partie délimitée des Canaux.

Le Grand Parc est interdit au public. Il constitue une réserve de gibier d'une superficie d'environ 1.000 hectares sur laquelle avaient lieu les chasses présidentielles. Il est pourvu de plusieurs mares et étangs de types variés fort intéressants au point de vue biologique : Etang du Brochet, Mare du Bout, Mare des Bécasseaux, Mare aux Demoiselles, Rivière de la Pommeraie, etc...

Ces pièces d'eau sont d'autant plus intéressantes qu'elles sont soustraites aux déprédations des promeneurs et campeurs. Elles sont totalement exemptes de détritits d'origine ménagère ou autres et on n'y lave pas le linge. Elles ont gardé un caractère assez primitif.

Ma documentation relative aux étangs du Grand Parc est encore bien incomplète car je ne poursuis mes recherches dans ces stations que depuis deux ans. Aussi, n'en parlerai-je que très peu dans cette étude, me réservant d'y revenir beaucoup plus complètement par la suite.

Sur la proposition de M. E. VIBRON, Inspecteur des Forêts, Directeur des Chasses du Chef de l'Etat (1), M. le Président Albert LEBRUN a bien voulu m'autoriser à poursuivre mes investigations par tous moyens et en tout temps dans l'ensemble du Domaine de Rambouillet. Cette faveur m'a permis d'étendre énormément le champ de mon activité.

Je me permets d'exprimer à Monsieur le Président LEBRUN toute ma respectueuse reconnaissance.

I. — RONDEAU

Le Rondeau est une belle pièce d'eau subrectangulaire mesurant environ 150 m. de long sur 60 m. de largeur (planche XVII, p. 109). Sa profondeur à peu près uniforme est de 70 cm. (2).

Le Rondeau se déversant dans les Canaux et ceux-ci alimentant, à leur tour, les Rivières Anglaises, il paraît logique de suivre dans cette étude l'ordre naturel : Rondeau, Canaux, Rivières Anglaises.

(1) Je dois une reconnaissance toute particulière à M. l'Inspecteur F. VIBRON, Directeur des Chasses, ainsi qu'à son dévoué collaborateur M. l'Inspecteur adjoint MAILLARD. M. VIBRON, avec sa large et vive compréhension des choses, son esprit de décision, a toujours immédiatement souscrit à mes demandes d'expérimentation dans les eaux du Parc. Il a bien voulu m'accompagner plusieurs fois au cours de mes études sur le terrain et j'aurai, dès que les circonstances le permettront, le plus vif plaisir à procéder avec lui à l'aménagement piscicole du Domaine.

(2) M. A. JAPPY, Architecte en Chef, Conservateur du Palais de Rambouillet, et M. E. PONCET, Architecte du Domaine, m'ont communiqué avec une inlassable patience les plans des pièces d'eau et rivières du Parc, ainsi que de nombreux renseignements administratifs fort intéressants qui leur ont demandé parfois de longues recherches. Je les en remercie bien vivement.

Il est alimenté uniquement par des sources qui débouchent soit sur le pourtour soit par le fond, surtout dans la région centrale.

Il est bordé d'un côté par une magnifique allée de Cyprès chauves de la Louisiane (*Taxodium distichum*) dont les racines poussent de nombreux prolongements dans l'eau. D'épaisses et larges pelouses gazonnées l'entourent sur les autres côtés. Les berges sont presque abruptes, les terres étant retenues par des murs de moellons. Dans l'un des angles, une vanne permet de régler le niveau de l'eau. Vu la régularité des sources, le niveau est à peu près constant.

Le fond du Rondeau est recouvert d'une couche de vase formée de débris organiques mélangés à une forte proportion de sable de Fontainebleau.

Les débris organiques proviennent à la fois de la décomposition des aiguilles qui tombent des Cyprès, du métabolisme des plantes et animaux microscopiques, des excréments des nombreux poissons et volatiles (canards, cygnes) qui hantent la pièce d'eau.

Les eaux sont du type mésosaprobe, fortement minéralisées (surtout chargées en calcium : degré hydrotimétrique 24) et à pH variable.

Voici quelques valeurs du pH à différents moments de l'année :

DATES	TEMPERATURES	pH
25 Octobre 1938	9°8 C	7,8
11 Décembre 1938	7° —	7,8
3 Juin 1939	20°5 —	8,1
4 Juin 1939	27° —	9,1
5 Juin 1939	22° —	8,6
22 Juin 1939	22°5 —	8,8
31 Juillet 1939	21°5 —	7,5
1 ^{er} Septembre 1939.	22° —	8,6

Le pH est également variable au cours de la journée. Il peut, par exemple, passer de 7,9 à 8H à 9,2 à 18H. Ces fortes variations sont dues particulièrement à l'absence dans les eaux de substances humiques tamponnantes.

Dans les mares de forêts chargées de ces substances, et où la végétation supérieure très abondante devrait cependant favoriser des variations énormes de concentration en ions H, le pH est rigoureusement constant au cours de l'année et au cours de la journée. Tel est le cas, par exemple, de l'Etang du Brochet dont le pH, suivi pendant toute une année et entre des températures extrêmes d'eau de 0° à 28° C., s'est toujours montré invariable et égal à 6,2.

Ce comportement du pH dans le Rondeau, empêche naturellement la prolifération d'organismes sténoïoniques et en particulier de Desmidiées (à part deux ou trois espèces peu exigeantes) et c'est fort dommage, car

d'après nos recherches, elles constituent un aliment assez digeste pour les Cyprinidés.

La richesse des eaux au point de vue minéral et organique favorise au contraire la multiplication de nombreuses Protococcales et Diatomées dont la valeur nutritive est très discutable (pour les Protococcales en particulier).

Afin d'apprécier le degré de contamination des eaux, j'ai effectué des numérations de Bactéries suivant la méthode de DIXEYER. Cette méthode très simple et efficace étant encore peu répandue en dehors des laboratoires spécialisés de surveillance des eaux potables, je vais la résumer brièvement ici.

Un prélèvement de l'eau à analyser est fait avec toutes les précautions aseptiques d'usage et rapporté immédiatement au laboratoire. Si le voyage doit durer plusieurs heures, entourer le flacon à prélèvements de quelques morceaux de glace mélangés à un absorbant mauvais conducteur (sciure de bois par exemple).

D'autre part, on aura préparé à l'avance le milieu de culture suivant :

Eau de robinet.....	q.s.p.	1 litre.
Sel marin		20 grammes.
Peptone		30 —
Gélatine	100 à 120	—

Ajouter en été 5 gr. de gélose pour maintenir la solidification.

On dissout le sel marin et la peptone dans de l'eau de robinet. On filtre et on amène à 1 litre. On alcalinise au moyen d'une solution de soude de façon à obtenir un pH de 7,6-7.

On dissout alors la gélatine. On colle au blanc d'œuf et on filtre. On répartit en boîtes de Roux d'un litre à raison de 50 cm³ par boîte et on stérilise à 105°.

Pour ensemercer, on liquéfie le milieu en portant les boîtes au bain-marie. On laisse refroidir jusqu'au moment où la gélatine va de nouveau se solidifier.

On opère alors des dilutions du prélèvement au 1/100 et au 1/1000, en eau stérile. On inocule dans les boîtes 1 cm³ de chaque dilution. On agite en évitant la formation de bulles et on laisse solidifier. La gélatine nutritive emprisonne et isole les germes. On porte à l'éluve à 22-25° et on attend l'apparition des colonies. On compte chaque jour les colonies qui se sont développées en les marquant d'un point d'encre de Chine (sur le verre) pour éviter de compter les mêmes plusieurs fois. Un calcul élémentaire donne le nombre de bactéries au cm³.

L'eau du Rondeau, analysée par ce procédé, a fourni environ 11.000 bactéries au cm³ dont 1.300 protéolytiques donc à tendance pathogène.

Ce nombre assez élevé de bactéries indique une eau chargée en matières organiques.

J'ai étudié de la même manière, mais en milieu de SABOURAUD, la composition fongique des eaux du Rondeau. Je n'ai trouvé qu'une cinquantaine de champignons inférieurs au cm³, appartenant surtout aux genres *Penicillium*, *Actinomyces* et *Mucor*.

Ce pourcentage relativement faible des champignons par rapport aux bactéries s'explique immédiatement par la réaction alcaline des eaux.

La faible profondeur du Rondeau relativement à sa surface, son exposition en terrain assez découvert en font une pièce d'eau à fortes variations nyctémérales de température. Les écarts peuvent atteindre 7 à 10° C. par 24 heures (au moins en surface).

Tous les ans, le Rondeau gèle pendant l'hiver, mais il faut des années exceptionnellement froides pour que toute sa surface soit prise, car dans la région centrale d'affleurement des sources la température est toujours supérieure à 0°.

Dès les premiers soleils de printemps, l'eau atteint déjà 17°. Elle passe rapidement à 19, 22, 28° et se maintient élevée jusqu'au milieu de Septembre.

La végétation phanérogamique y est rigoureusement nulle.

Quelques touffes de muscinées se sont accrochées dans les anfractuosités des rives et baignent en partie dans l'eau.

Population algale et Phytoplancton.

Hiver comme été, les eaux du Rondeau sont troubles, mais leur opacité est due uniquement à la présence d'un abondant plancton. En effet, lorsqu'à la suite de grands froids tous les microorganismes sont précipités, l'eau devient parfaitement claire et on distingue aisément tous les détails du fond.

La couleur de l'eau n'est pas constante. Elle varie, avec la microflore ou la microfaune dominante, du brun verdâtre (Rotifères) au vert bleuâtre (Protoctococcales + Cyanophytes).

Depuis que j'observe le Rondeau, je n'ai pu assister à aucune modification ni de la microflore ni de la microfaune.

Sur les racines immergées des Cyprès, sur les pierres du pourtour, on trouve de Mai à Novembre une certaine végétation d'algues filamenteuses, en particulier de *Cladophora* (*Cladophora glomerata*). Il arrive fréquemment que des masses flottantes assez volumineuses de ces Algues (plusieurs dizaines de mètres carrés) se forment et dérivent sous l'influence des vents à la surface de l'étang.

Les filamenteuses abritent une population assez dense de Diatomées. Voici la liste des principales espèces rencontrées :

DIATOMÉES

Amphora ovalis Kützing.
Anomoioneis sphaerophora (Kützing) Pfitzner.
Caloneis silicula (Ehrenberg) Cleve.
Cocconeis pediculus (Ehrenberg) Cleve.
Cocconeis placentula Ehrenberg.
Cymatopleura solea (Brebisson) V. Smith.
Melosira varians Agardh.
Navicula cuspidata Kützing.
Navicula cuspidata var. *ambigua* (Ehrbg.) Cleve.
Navicula hungarica Grun. var. *capitata* (Ehrbg.) Cleve.
Neidium affine var. *amphirhynchus* (Ehrbg.) Cleve.
Neidium productum (W. Smith) Cleve.
Nitzschia acuta Hantzsch.
Nitzschia palea (Kütz.) W. Smith.
Nitzschia sigmoëda (Ehrbg.) W. Smith.
Nitzschia vermicularis (Ehrbg.) W. Smith.
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg.
Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.
Surirella robusta var. *splendida* (Ehrbg.) van Heurck.
Synedra acus fa.

A cette liste, il conviendrait d'ajouter une quantité considérable de petites espèces ubiquistes appartenant aux genres *Navicula*, *Fragilaria*, *Eunotia*, *Gomphonema*.

Les autres Algues qui habitent le Rondeau sont :

PROTOCOCCALES

Actinastrum Hantzschii Lagerheim.
Ankistrodesmus setigerus (Schröder) G. S. West.
Ankistrodesmus falcatus var. *mirabile* W. et G. S. West.
Ankistrodesmus setigerus (Schr.) G. S. West.
Chlorella vulgaris Beyerinck.
Chlorella acuminata Gerneck.
Coelastrum microporum Naegeli.
Dictyosphaerium pulchellum Wood.
Golenkinia radiata Chodat.
Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohlin.
Kirchneriella gracillima Bohlin.
Kirchneriella lunaris (Kirch) Moeb. var. *Dianae* Bohlin.
Oocystis solitaria Wittrock.
Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh.
Pediastrum tetras (Ehrbg.) Ralfs.
Scenedesmus quadricauda Chodat.
Scenedesmus ovalternus Chodat.

Scenedesmus falcatus Chodat.
Scenedesmus tetradesmiformis (Wolosz.) Chodat.
Scenedesmus opoliensis Richter.
Scenedesmus spinosus Chodat.
Tetraedron minimum (A. Br.) Hansgirg.
Tetraedron minimum fa. *apiculatum* Reinsch.
Tetraedron caudatum (Corda) Hansgirg.
Tetraedron trigonum (Naeg.) Hansgirg.
Tetraedron regulare Kützing.
Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröder) Lemm.

DESMIDIÉES

Closterium acerosum (Schrank) Ehrenberg.
Cosmarium Meneghinii Breb.
Cosmarium parvulum Breb.
Staurostrum gracile Ralfs.
Staurostrum tetracerum Ralfs.

FLAGELLÉES

Euglena deses Ehrenberg.
Euglena tripteris (Duj.) Klebs.
Lepocinctis texta (Duj.) Lemm.
Phacus pyrum (Ehrbg.) Stein.
Phacus orbicularis Hübner.
Trachelomonas volvocina Ehrenberg.

CYANOPHYTES

Chroococcus turgidus (Kütz.) Naegeli.
Microcystis flos-aquae (Wiltr.) Kirchner.
Gomphosphaeria lacustris Chodat.
Gomphosphaeria aponina Kützing.
Spirulina Jenneri (Stiz.) Geitler.
Phormidium sp.
Coelosphaerium Kützingianum Naegeli.
Oscillatoria planctonica Woloszyńska.

Dès la fin de l'automne et pendant tout l'hiver, le fond du Rondeau est tapissé par *Phormidium* sp. qui disparaît vers le milieu du printemps. La mauvaise odeur communiquée aux poissons par cette algue ne subsiste pas pendant la belle saison.

La flore desmidiée est extrêmement réduite, comme on pouvait s'y attendre en raison de la nature même des eaux. L'espèce dominante est *Closterium acerosum* que l'on rencontre parfois dans le plancton mais surtout dans les feutrages d'algues filamenteuses des bords.

Zooplankton

Le zooplankton est très important, non par la diversité des espèces qu'on y rencontre, mais par la densité des populations.

On trouve :

COPÉPODES

Cyclops strenuus Fischer.

CLADOCÈRES

Daphnia longispina O. F. Müller.

Bosmina longirostris O. F. Müller. (Figure 33).

Chydorus sphaericus O. F. Müller.

FIG. 33. — Cladocères du Rondeau : *Bosmina longirostris* O. F. M.

ROTIFÈRES

Anuraea aculeata Ehrenberg.

Anuraea cochlearis Gosse.

Brachionus pala Ehrbg. var. *dorcas* Gosse.

Polyarthra platyptera Ehrenberg.

L'appoint alimentaire extérieur d'origine animale est presque nul dans le Rondeau. Les berges étant retenues par des murs de pierres, très peu de Vers atteignent l'eau, aussi, les soies d'Oligochètes sont-elles rarissimes dans le tube digestif des poissons. Comme il n'y a, en outre, aucune végétation phanérogamique aquatique, la faune d'Insectes et de Mollusques fait

complètement défaut. Tout au plus trouve-t-on parfois quelques larves de *Culex* ou d'*Anopheles*, quelques Chironomes et Acariens.

Evolution saisonnière du Plancton et rapports avec la population piscicole.

En hiver, période de repos presque total pour le poisson, le plancton est peu abondant en raison de la température trop basse. Il est surtout composé de grandes Diatomées : *Nitzschia vermicularis*, *N. sigmoïdes*, *Melosira varians*, *Surirella robusta* var. *splendida*.

En Janvier 1940, après plusieurs semaines de très fortes gelées (— 10° à — 18°) nous avons cependant récolté une population très dense de *Synedra acus* fa. (Figure 34).

FIG. 34. — Plancton hivernal du Rondeau en Janvier 1940 : Diatomées (*Synedra*, *Pinnularia*) et quelques Rotifères.

Les Cladocères et les Rotifères sont rares ; les Copépodes se développent assez rapidement.

Phormidium sp. tapisse le fond de la pièce d'eau.

Il est probable que le zooplancton utilise uniquement, à cette époque de l'année, le tripton (bactéries, détritus organiques très divisés provenant de la décomposition des feuilles ou des Algues de l'année précédente, etc.) car les constituants du Phytoplancton sont beaucoup trop volumineux pour pouvoir être ingérés par la faune microscopique ou submicroscopique.

Dès le printemps, les Algues unicellulaires commencent à se multiplier activement, en particulier les Protococcales. Si certaines d'entre elles sont peu utilisables, à l'état adulte, par le zooplancton, en raison de leurs dimensions (*Pediastrum*) ou de l'imperméabilité de leur membrane (*Scenedesmus*, *Tetraëdron*) d'autres, au contraire, semblent constituer une nour-

riture acceptable (Chlorelles). Il y a immédiatement progression rapide des Cladocères (*Bosmina*) et de certains Rotifères (*Anuraca*). En même temps, les algues filamenteuses (*Oedogonium*, *Cladophora*) se développent sur les pierres des berges et les racines des Cyprés qui plongent dans l'eau. Ces filamenteuses abritent une riche population de petites Diatomées (*Navicula*, *Cyclotella*, *Cocconeis*) et d'une Conjuguée (*Glosterium acerosum*).

Les Cyanophytes du fond tentent à disparaître.

A cette époque, le poisson commence à s'alimenter : — les Carpes recherchent particulièrement le zooplancton, — les Gardons broutent les Cyanophytes et les Diatomées du fond ainsi que les algues filamenteuses des bords. Ils sont pénétrés d'une forte odeur dite « de vase » (en réalité, odeur particulière à certaines Cyanophytes).

Le maximum du zooplancton a lieu, dans cette pièce d'eau, en Juin, et ceci, non parce que les meilleures conditions biologiques sont réunies pendant cette période, mais parce que les Cladocères et Copépodes ne sont pas détruits par les Poissons plus vite qu'ils ne se reproduisent.

En effet, du milieu d'Avril au milieu de Juin, les poissons, en période de fraye, mangent peu ou pas, mais, à partir de mi-Juin (pour les années normales), la consommation de zooplancton par les Carpes adultes et les alevins nouvellement éclos est telle que la pièce d'eau est couverte d'une poussière scintillante de carapaces de *Bosmina* non digérées.

La progression des Rotifères ne s'arrête pas en Juin, car eux ne sont presque pas utilisés par les Carpes adultes.

Pendant cette fin de printemps, le phytoplancton s'appauvrit, détruit par le zooplancton.

En été, la régression des Copépodes et des Cladocères commence. La décroissance est très rapide : on peut dire que, vers le 15 Juillet, le zooplancton en contient peu.

Le phytoplancton, lui, est en progression, d'autant plus que les Cyanophytes coloniales (*Gomphosphaeria*), commencent à apparaître. Ces espèces heureusement, ne présentent aucune odeur désagréable ; elles ne semblent pas nocives pour le poisson et sont enrobées d'une substance mucilagineuse probablement digeste.

Elles n'influencent pas défavorablement la teneur de l'eau en oxygène dissous puisque des dosages faits au moment de leur maximum (Septembre 1939) ont accusé une très forte sursaturation de ce gaz.

Les algues filamenteuses forment de grosses masses flottantes à la surface de l'étang. Des centaines de Gardons viennent souvent les brouter. Les Diatomées benthiques sont en régression et, en fin d'été, le tube digestif des Gardons ne contient plus que des détritits de Muscinées et de Phanérogames terrestres en décomposition (feuilles de *Carex*, de Tilleuls, etc.).

En automne, l'activité des Carpes ayant considérablement diminué, Cladocères et Copépodes sont de nouveau en progression, mais faible. Les

Rotifères, qui ont atteint leur maximum vers le milieu de Septembre, régressent.

Le Phytoplancton se maintient assez abondant bien que la température des eaux baisse. De nombreux Flagellés se multiplient : Euglènes, *Lepocinclis*, *Trachelomonas*, et se maintiendront jusqu'en Janvier.

C'est à la fin de l'automne et en hiver que *Synedra acus* fa. atteint son maximum pour céder ensuite la place aux grandes *Nitzschia*, *Surirella* et *Melosira*.

Les Diatomées et Cyanophytes benthiques s'installent, les algues filamenteuses disparaissent totalement et le cycle recommence.

Dans cette pièce d'eau, très surpeuplée, le rythme naturel de l'équilibre zoo-phytoplancton est profondément perturbé par l'intervention des poissons. Les maxima et minima indiqués plus haut ne sauraient probablement être retrouvés dans d'autres stations de même type mais peu peuplées.

Le Rondeau du point de vue piscicole.

Le Rondeau présente un certain nombre de facteurs, les uns favorables, les autres défavorables à la multiplication du poisson. Nous allons les étudier successivement.

a) Facteurs favorables.

Température : — La pièce d'eau étant dégagée d'arbres sur trois côtés est fort ensoleillée, la température s'y élève suffisamment pour permettre le fraye des espèces exigeantes comme la Carpe. En 1939, dès le 24 Mai, la température de l'eau à midi (heure solaire) atteignait 20°5 C. Elle passait à : — 22°5 le 25, — 22° le 27, — 22° le 1^{er} Juin, — 21° le 3, — 25° le 4, — 25° le 5, — 27° le 6. La température reste élevée un nombre de jours consécutifs suffisant pour que la ponte et l'éclosion s'opèrent dans d'excellentes conditions. Enfin, le fait que le Rondeau ne gèle pas entièrement l'hiver est une sécurité : les poissons, même en cas de surpeuplement, ne risquent pas de mourir asphyxiés.

Fond : — Comme je l'ai déjà indiqué, le fond est formé d'une couche de vase d'épaisseur moyenne contenant une forte proportion de sable de Fontainebleau. La teneur de la vase en matières putrescibles est relativement faible car les arbres sont assez éloignés du bord de l'eau pour que leurs feuilles ne tombent pas directement dans l'étang. Elles sont, du reste, ramassées par les jardiniers du Château. Les eaux ne renferment donc que peu de tannins et permettent l'alvinage de la Carpe.

Les fermentations printanières sont réduites au minimum et la mortalité est à peu près nulle, même par les grandes chaleurs.

Nourriture des alevins : — Elle est largement assurée. D'après les nombreuses autopsies que nous avons pratiquées, il apparaît que les alevins de

poissons, même herbivores, se nourrissent presque exclusivement de proies mobiles pendant les premiers mois de leur existence : algues flagellées, Infusoires, microcrustacés, etc. Le microplancton étant très abondant dans le Rondeau, hiver comme été, la nourriture des alevins dans cette pièce d'eau ne souffre aucune difficulté.

Maladies du poisson : — Nous n'avions jamais, jusqu'ici, constaté de maladie épidémique du poisson dans le Rondeau, ni la présence d'aucun parasite pathogène soit interne, soit externe (à part quelques Argules).

Cependant, cette année, quelques Gardons (une vingtaine) sont morts atteints d'une maladie cryptogamique ou bactérienne (nous n'avons pas eu le loisir de l'étudier) se traduisant par l'apparition, sur diverses parties du corps, de larges plaques sanguinolentes. Les poissons fortement atteints s'affaiblissent, montent en surface où ils se débattent quelques heures puis meurent épuisés.

Certains Gardons pris à la ligne ont été trouvés porteurs de grosses tumeurs osseuses circulaires (2 à 3 cm. de diamètre) assez facilement détachables du corps, ne faisant pas saillie, mais creusant les chairs sur une profondeur de 8 à 10 mm.

Extérieurement l'emplacement de ces tumeurs est également indiqué par une plage rouge noirâtre d'un vilain aspect.

L'apparition de ces accidents est probablement due au surpeuplement actuel, les poissons, mal nourris et en état de moindre résistance étant beaucoup plus vulnérables aux maladies.

b) *Facteurs défavorables.*

Absence de frayères naturelles : — Aucune plante supérieure n'existant dans le Rondeau, les poissons en sont réduits à frayer sur les racines immergées des Cyprès et sur les détritiques qui s'accumulent dans un des angles de la pièce d'eau sous l'influence des vents dominants. Ils recherchent particulièrement ces endroits parce qu'ils sont moins profonds et que l'eau s'y chauffe très rapidement. Or, ce sont justement les régions les plus malsaines de l'étang : les racines des arbres sont toujours recouvertes de limon et les détritiques recèlent Bactéries et Champignons éminemment aptes à attaquer les œufs. Enfin, cette zone est la plus fréquentée par les Canards.

Dans ces conditions un nombre considérable d'œufs sont perdus chaque année.

Absence totale de végétation phanérogamique : — Tous les auteurs et, en particulier LÉGER, KREITMANN (1), ont insisté sur le rôle extrêmement

(1) Le savant et regretté Conservateur KREITMANN, puis son distingué successeur M. le Conservateur LARRIEU, Chef de la Commission de pêche au Ministère de l'Agriculture m'ont réservé le meilleur accueil. Ils m'ont apporté une aide matérielle importante pour développer mes recherches et assurer la publication des résultats. Je les en remercie bien vivement.

bienfaisant des plantes supérieures en Aquiculture. KREITMANX écrit (19 — p. 66) : « A l'abri de ces végétaux et aussi à leurs dépens, se multipliait une infinité d'animaux inférieurs, depuis les Protozoaires jusqu'aux Mollusques, en passant par les Vers, les petits Crustacés et les larves d'Insectes : ils transformaient le carbone et l'azote fixés dans les tissus végétaux sous les effets des rayons solaires, en une matière alimentaire accessible aux Vertébrés aquatiques ; ils constituaient l'alimentation de base pour les poissons, dernier maillon de cette longue chaîne d'êtres dépendants les uns des autres et alternativement mangeurs et mangés. »

GUÉNAUX (17 — p. 427) n'est pas moins affirmatif : — « Les végétaux aquatiques contribuent à l'aération de l'eau : ils absorbent l'acide carbonique de l'air, en fixent le carbone dans leurs tissus et dégagent l'oxygène ; ils assurent le renouvellement de l'oxygène dans l'eau, oxydent la matière organique et contribuent ainsi à l'assainissement des eaux. »

Comme on le voit, les Phanérogames aquatiques servent à la fois d'abri, de frayères, de nourriture aux Poissons. Elles aident puissamment à la purification de l'eau et sont absolument indispensables à la bonne hygiène d'une pièce d'eau d'élevage.

Présence dans la pièce d'eau d'Algues indigestes : — A l'examen microscopique, le contenu des excréments de poissons nous a révélé la présence d'un nombre très considérable d'éléments non digérés, même à température élevée.

L'aspect apparemment intact de certaines espèces d'algues nous a frappé et nous avons pensé qu'elles pouvaient même être encore vivantes. Des cultures d'excréments de poissons prélevés aseptiquement ont confirmé nos présumptions et nous avons pu déterminer plus de 25 espèces d'algues en pleine multiplication dans des cultures d'excréments de Gardons en provenance du Rondeau.

Les espèces les plus résistantes aux sucs digestifs des poissons semblent être les Protocorcales, certaines Diatomées et certains Flagellés. Or, les Microphytes habitant le Rondeau appartiennent surtout à ces genres. On voit donc qu'il est indispensable de se fier, non pas uniquement à la quantité, mais aussi à la qualité du Plancton d'une pièce d'eau lorsqu'on veut apprécier correctement ses qualités nutritives.

En réalité, la question est encore plus complexe, car les éléments non directement utilisables par les poissons peuvent l'être par des organismes inférieurs capables, eux, de devenir une proie intéressante pour les poissons. C'est pourquoi il serait nécessaire d'effectuer l'examen complet d'une pièce d'eau avant de l'ensemencer, de façon à n'y introduire que des espèces capables d'utiliser au mieux la nourriture naturelle.

Présence de Canards et de Cygnes sur la pièce d'eau : — Inutile d'insister sur le rôle désastreux de ces volatiles qui, au moment de la fraie, se gavent d'œufs de poissons. M. LESOURN évalue à plusieurs centaines de

mille les œufs détruits par un seul canard au cours d'une année. Il est courant de trouver dans l'estomac d'un canard tué à l'époque de la fraie, 100 à 300 grammes d'œufs de poissons.

La destruction des jeunes alevins par les canards est discutée, cependant, dans une pièce d'eau où ils ne trouvent aucun abri naturel, elle ne nous paraît pas impossible (1).

Absence de poissons carnassiers : — Au cours de nos recherches, nous avons capturé dans le Rondeau plusieurs Carpes présentant des monstruosités ou malformations très accusées. Ces sujets, parfois susceptibles de se reproduire, nuisent à la vigueur de la race. Il y aurait lieu de les éliminer par l'introduction de quelques voraces.

Surpeuplement : — Le Rondeau est actuellement surpeuplé. Nous avons effectué de nombreuses pêches à la ligne dans cet étang à l'occasion de nos recherches ichtyologiques et aussi pour peupler différents bassins d'alevinage dans lesquels nous cherchons à forcer la production par des méthodes qui seront publiées ultérieurement.

Le rendement moyen d'une pêche de quatre heures à deux personnes utilisant chacune une seule ligne, après un amorçage rudimentaire (quelques poignées de pain trempé mélangé de terre) a été d'environ cinquante livres de poisson, même pendant la période peu favorable du début du printemps (température de l'eau : 7 à 9°). Même après ces prélèvements répétés aucun affaiblissement du rendement n'a été constaté.

Il est manifestement impossible d'évaluer la quantité de poisson peuplant actuellement le Rondeau, mais on peut affirmer sans crainte d'exagération qu'elle est plusieurs fois supérieure à la charge qui conviendrait à la capacité biogénique de l'étang.

Comme on le voit par cet exposé, les facteurs défavorables l'emportent largement sur les facteurs favorables. La plupart des facteurs défavorables peuvent cependant être éliminés comme nous le verrons plus loin.

c) *Population piscicole.*

Le Rondeau constitue une réserve placée à la fois sous le contrôle de l'Administration des Eaux et Forêts et des Beaux-Arts.

Primitivement il n'était peuplé que de Carpes : *Cyprinus Carpio* L., race longue, commune, non sélectionnée, d'une belle couleur dorée, et de quelques Anguilles (*Anguilla anguilla* L.).

(1) Nous avons pu constater nous-mêmes, en Février 1939, au cours de la récolte des alevins d'un an dans plusieurs étangs de pisciculture, que bon nombre d'entre eux portaient des traces d'attaque par les canards. Le fait nous a, du reste, été confirmé par le chef de pisciculture qui nous a dit être obligé de protéger par des filets, pendant l'absence momentanée du personnel, les rassemblements d'alevins des étangs en cours de vidange pour éviter leur destruction par les canards sauvages.

Il y a quelques années, nous avons introduit dans le Rondeau une quarantaine de Gardons (*Gardonus rutilus* L.) provenant des Canaux. Ces poissons, d'un poids de 30 à 40 grammes se sont multipliés. Ils atteignent maintenant 20 à 28 centimètres et semblent mieux réussir que dans leur milieu d'origine.

Le Rondeau étant une réserve de poissons, la pêche y était interdite. Périodiquement, tous les deux ou trois ans, des prélèvements de Carpes adultes étaient faits dans cette pièce d'eau et déversés dans les Canaux. Nous verrons plus loin que, par suite d'une technique défectueuse, ces prélèvements sont insuffisants.

En Avril 1923 la pêche à la ligne fut autorisée dans le Rondeau. Inutile de dire qu'elle fut extrêmement productive durant plusieurs années, malgré une exploitation intense licite... et illicite.

Cependant, le poids des plus grosses Carpes capturées ne dépassait jamais trois à quatre livres.

Un fait important est à retenir : pendant la période d'autorisation de pêche, l'alevinage se fit dans des conditions infiniment supérieures à celles de la période précédente. En Septembre et Octobre, des gamins (ou même des pêcheurs du reste peu dignes de ce nom) capturaient par milliers à la ligne ou à l'épuisette des alevins de l'année, longs de 5 à 7 centimètres, ce qui, pour une race commune non sélectionnée, représente une taille respectable.

Les causes du meilleur alevinage pendant cette période sont d'ailleurs faciles à établir : les reproducteurs étaient infiniment moins nombreux, donc mieux nourris, ainsi que les alevins. Un complément fort appréciable de nourriture était fourni par les pêcheurs eux-mêmes qui déversaient toute l'année des seaux d'amorces variées : pommes de terre, blé cuit, pain, son, recoupe, maïs, fèves, etc.

Enfin, les canards étaient impitoyablement tenus à l'écart de la pièce d'eau par les pêcheurs parce qu'ils dérangent les poissons sur les « coups ». Ces oiseaux détruisaient donc beaucoup moins d'œufs et de frai.

Depuis 1932, pour des raisons qu'il ne nous appartient pas d'exposer ici, la pêche a été de nouveau interdite au Rondeau. Les conditions d'alevinage sont redevenues progressivement très médiocres, les facteurs défavorables dominant à nouveau. Au cours des pêches que nous avons effectuées dans cette pièce d'eau (par autorisation spéciale, au titre de la Recherche) nous n'avons guère capturé qu'une dizaine de carpeaux de deux ans ! Les plus grosses Carpes prises ne dépassaient pas trois livres et, comme la pièce d'eau n'a jamais été mise à sec ni entièrement pêchée depuis de longues années, nous sommes pourtant persuadés que beaucoup d'entre elles étaient très âgées. Bien que la race des Carpes qui peuplent actuellement le Rondeau ne soit pas à croissance rapide, on peut estimer que les poissons adultes sont sous-alimentés.

L'alevinage du Gardon semble se faire actuellement beaucoup plus mal encore que celui de la Carpe. Nous n'avons pu capturer que deux ou trois gardonneaux de deux ans, au cours de nos pêches.

Ces mauvaises conditions d'alevinage sont imputables au surpeuplement. Les poissons mal nourris frayent mal ; ils détruisent probablement aussi eux-mêmes une partie de leurs œufs. Il est probable que les œufs de Gardons sont mangés par les Carpes affamées en raison de la fraye plus précoce de cette espèce et ceci explique pourquoi on ne capture actuellement que les Gardons âgés et pas d'intermédiaires (1).

d) Aménagement piscicole.

La plupart des facteurs défavorables au rendement piscicole du Rond-deau pourraient être supprimés ou atténués ; il est possible de remédier à l'absence de végétation phanérogamique, à l'absence de frayères, aux déprédations des canards, au manque de poissons voraces et au surpeuplement.

L'introduction de certaines plantes aquatiques résoudrait à la fois le problème des frayères, des refuges pour les alevins et de l'alimentation plus rationnelle du poisson.

L'esthétique de la pièce d'eau et le respect du style du Parc exigent qu'aucune aspérité ne vienne couper la perspective de ce « plan d'eau ». Il faudrait donc choisir des plantes réunissant ensemble les caractères suivants : possibilité de croissance dans les conditions biologiques de la station (eaux riches, à pH assez élevé, légèrement contaminées), consistance suffisante pour permettre la fraye, valeur alimentaire effective.

En outre, ces plantes ne devraient émerger à aucune époque de l'année.

Les *Ceratophyllum* (*C. submersum*) et certains *Myriophyllum* (*M. spicatum*, *M. verticillatum*) nous semblent réunir les conditions requises ainsi que *Polanogeton lucens* ou *P. pectinatus* à feuilles toujours submergées.

Les *Ceratophyllum*, assez rigides, n'ont à peu près aucune valeur alimentaire pour les poissons, mais leur consistance en fait des plantes aptes à favoriser la fraye et à servir de refuge aux alevins du premier âge. Les *Myriophyllum*, au contraire, peuvent fournir un appoint appréciable d'alimentation à certains Cyprinides. Toutes ces plantes servent, en outre, d'ha-

(1) Cette partie du présent travail avait été rédigée en 1939. Fin Mars 1940, le surpeuplement était tel que des dizaines de Carpes étaient trouvées mortes chaque semaine, attaquées par les Saprolegniées.

Nous avons alors décidé, d'accord avec MM. MAILLARD (en l'absence de M. VIBROUX aux Armées) et POXCET, de pêcher immédiatement la pièce d'eau.

Nos prévisions se sont toutes trouvées vérifiées : l'étang contenait environ 12.000 gardonneaux et carpillons de trois à quatre étés, 1.500 Carpes de 2 à 3 livres, plusieurs centaines de gros Gardons, mais seulement quelques dizaines d'alevins de Carpe d'un été et aucun alevin de Gardon.

bitat à une multitude de larves d'insectes ou de mollusques fort appréciées des poissons.

Le peuplement en Phanérogames peut s'opérer très simplement : les plantes, récoltées avec précautions, sont lestées à leur base de petits cailloux et lancées dans l'eau. Elles s'enracinent d'elles-mêmes.

Les régions du Rondeau les plus intéressantes à peupler nous semblent être les rives ouest et sud.

Il faudrait veiller à ce que les plantes ne prennent pas une extension désordonnée. Dans ce cas, quelques faucardements judicieux, *suivis d'un enlèvement des plantes coupées* pour éviter la propagation par bouturage, auraient tôt fait de juguler l'envahissement.

En attendant que la végétation phanérogamique soit suffisamment développée, il conviendrait d'utiliser dans le Rondeau des frayères artificielles.

D'après de récents auteurs, on prépare d'excellentes frayères en disposant dans l'eau quelques branches d'Epicéas longues de 4 à 5 mètres et légèrement inclinées. Les poissons viennent se frotter et pondre sur ces frayères dont les éléments peu putrescibles ne peuvent en aucun cas nuire à l'éclosion des œufs.

Il est bon de procéder à la mise en place quelques semaines avant la ponte afin de permettre au bois de perdre son odeur et ses produits solubles qui pourraient éloigner le poisson. Le Parc étant abondamment pourvu d'Epicéas, l'application de cette méthode serait particulièrement facile.

Toutes les tentatives d'amélioration de l'alevinage seraient infructueuses si on n'éloignait les Canards du Rondeau pendant la période de fraie. Nous avons compté un jour de cette année près de 60 Canards naviguant ensemble sur la pièce d'eau. On conçoit les ravages que pourraient faire sur des frayères artificielles ces dangereux volatiles. Il ne doit pas être impossible de les parquer et de les nourrir dans un endroit clos du 15 Avril au 15 Juin. A ce prix seulement il sera possible d'obtenir du Rondeau un rendement intéressant.

La question du surpeuplement va maintenant retenir notre attention. Elle est primordiale dans un étang où la nourriture des adultes est nettement déficiente.

Voici, à titre documentaire, les poids de quelques Carpes et Gardons pêchés en 1939-1940, en fonction de leur longueur (mesures prises du museau à l'extrémité de la nageoire caudale).

<i>Cyprinus Carpio</i> L.		<i>Gardonus rutilus</i> L.	
Longueur en centimètres	Poids en grammes	Longueur en centimètres	Poids en grammes
32	375	20	125
33	400	21	85
34	405	21	125
34	455	22	97
35	400	22	125
35	410	22	150
35	505	22	150
37	540	23	110
41	600	23	120
41	650	24	120
42	680	24	150
42	700	27	195

Si nous comparons ces chiffres à ceux qu'indique L. ROULE (28 — p. 136 et 168), nous voyons qu'ils sont bien au-dessous de la moyenne :

« La taille ordinaire de la plupart des Carpes pêchées et livrées à la consommation varie de 25 à 40 centimètres, le poids moyen étant compris entre une et trois livres.

« Le Gardon est un poisson de taille moyenne dont les dimensions habituelles sont comprises entre 15 et 25 cm. de longueur pour un poids de 150 à 300 grammes. »

Dans le Rondeau, une Carpe de 42 cm. pèse 700 gr. et un Gardon de 24 cm., 150 gr. Le poids de ces animaux est sensiblement moitié de ce qu'il pourrait être.

Comme nous l'avons montré précédemment, la capacité biogénique du Rondeau est insuffisante pour en faire à la fois un étang d'alevinage et d'engraissement. Nous estimons qu'il nourrirait convenablement à peine 300 Carpes adultes de une à deux livres. Or, il en contient probablement plus d'un millier, sans compter les alevins de 30 à 200 grammes qui sont légion, et plusieurs centaines de gros Gardons adultes.

Dans les étangs de pisciculture de Sologne, à forte capacité biogénique, on introduit en moyenne, à l'hectare, 300 alevins de 10 à 12 cm. et on les y laisse au maximum deux ans.

La disproportion avec le Rondeau est évidente.

Jusqu'à présent, le Rondeau a été pêché très irrégulièrement : tous les deux, trois, ou quatre ans, mais jamais il n'a été entièrement vidé de ses poissons.

La méthode employée est la suivante : les vannes de la pièce d'eau sont graduellement ouvertes et le niveau abaissé à quelques centimètres, juste ce qu'il faut pour permettre à une barque à faible tirant d'eau de se mouvoir... avec difficulté. Des ouvriers du Parc, montés dans cette barque, recueillent le poisson à l'épuisette.

Cette façon de procéder est évidemment la seule possible dans l'état actuel des choses, cependant, elle est défectueuse. En effet le Rondeau n'étant pas un étang d'exploitation ne possède pas de pêcheirie. Lors de la baisse des eaux, le poisson se rassemble donc où il peut, dans les petites mares formées par les sources et les inégalités du fond. Il pénètre dans la vase où il est à peu près invisible, où il risque de s'asphyxier ou d'être contaminé directement par les blessures (arrachement d'écailles) que ne manque pas de lui faire l'épuisette maniée dans ces conditions.

Un tel exemple de contamination par les Saprolégniées vient de nous être fourni à l'occasion de la pêche d'un grand étang de la région. Des reproducteurs de Cyprinides pris à l'épuisette dans cet étang à fond très vaseux nous avaient été fournis pour entreprendre des essais d'alevinage. La plupart d'entre eux étaient, par places, légèrement écaillés. Répartis dans quatre mares, presque tous périrent, attaqués par la « mousse ».

La quantité de poisson retirée à chaque pêche du Rondeau par ce procédé est faible ; l'équilibre biologique du fond est rompu par le brassage de la vase provoqué par les poissons, la manœuvre de la barque et des épuisettes ; la masse alimentaire met des semaines à se reconstituer. Enfin, l'opération nécessite la présence d'un nombreux personnel, attire un nombre considérable de badauds et, malgré les précautions prises, il est difficile d'éviter que de nombreux poissons soient détournés de leur destination.

Le Rondeau, comme nous le verrons plus loin, est la seule pièce d'eau du Parc réunissant les conditions nécessaires à la reproduction de la Carpe. Comme sa capacité biogénique est insuffisante pour en faire un étang d'engraissement, il serait infiniment plus intéressant de la consacrer spécialement à l'alevinage. Il s'y prête d'ailleurs fort bien.

Moyennant les quelques aménagements indiqués précédemment, il doit être possible de produire dans le Rondeau plus de 50.000 alevins de Carpe par an : l'abondance du Zooplancton le permet. Quelques années suffiraient donc, pour pouvoir, à partir de cette pièce d'eau, réempoissonner copieusement les Canaux, les Rivières Anglaises et toutes les mares des Tirés où le poisson se reproduit peu ou pas.

La façon de procéder pourrait être la suivante :

1° Vider soigneusement le Rondeau de tous les poissons qu'il contient et mettre en réserve dans des bassins où ils puissent être aisément récupérés environ 100 reproducteurs Carpes sélectionnés et autant de Gardons (1).

2° Remettre l'étang en eau ; y placer les frayères artificielles et y introduire les reproducteurs Gardons.

(1) Si on utilisait des reproducteurs de race sélectionnée à croissance rapide, une trentaine de beaux spécimens suffiraient amplement.

3° Dès que la température de l'eau atteindrait 18° C., introduire les reproducteurs Carpes.

4° Pêcher les alevins, à la nasse dès fin Septembre ou par vidange à partir du 15 Novembre, et les répartir dans les endroits choisis.

Nous n'entrerons pas dans le détail du procédé de pêche par vidange des étangs. Nous indiquerons simplement qu'il existe des dispositifs extrêmement simples et peu onéreux permettant d'opérer très rapidement et proprement.

Nous avons assisté récemment à la pêche d'un étang de 2 ha. à la pisciculture de M. L. POMMER, à Clouzieux. En deux heures, deux aides, sous la direction du chef de pisciculture, ont récolté sans aucune peine environ 35 reproducteurs Carpes de 8 à 12 livres et près de 50.000 alevins.

Il n'est pas douteux que le Rondeau puisse être aménagé d'une façon analogue et ceci moyennant une dépense minime.

Quoi qu'il en soit, le Rondeau, transformé ou non en étang d'alevinage, devrait être pêché au maximum tous les deux ans.

II. — CANAUX

Les Canaux sont constitués par un vaste système de pièces d'eau rectangulaires de dimensions très inégales (Planche XXVII. p. 109).

Leur forme générale est celle d'un trapèze rectangle dont la grande base mesure 930 mètres, la petite 650 mètres et la hauteur 400 mètres. Leur surface totale dépasse donc 30 hectares, mais de nombreuses îles (Ile du Potager, Iles Longues, Iles aux Poules, Ile des Roches, etc...) occupant à peu près la moitié de cette surface, la superficie de l'eau libre n'atteint guère qu'une quinzaine d'hectares.

Leur profondeur moyenne est de 1^m40 (1^m80 dans les endroits les plus creux).

En D, un bras de 250 à 300 mètres de long se détache. Il est sans issue.

Les Canaux sont bordés d'arbres (Peupliers, Platanes) sur la plus grande partie de leur développement. Les îles sont également plantées d'arbres d'essences diverses (Peupliers, Platanes, Hêtres, Bouleaux, Epicéas, etc...). A l'automne dès les premières gelées la quantité de feuilles mortes qui tombe dans les Canaux est telle qu'elles recouvrent dans certains bras, l'eau en totalité.

Sous l'action des vents dominants, les feuilles et débris organiques se rassemblent dans les angles et culs-de-sac dont ils exhausent très rapidement le fond. La hauteur d'eau, en ces endroits, n'est déjà plus que de 40 à 50 centimètres.

Le fond des Canaux est donc formé d'une épaisse vase organique constituée par des débris de feuilles plus ou moins décomposées.

PLANCHE XXVII. — Canaux du Parc avec le Rondeau et l'origine des Rivières Anglaises.

Les eaux sont du type mézosaprobies, fortement minéralisées et à pH variable : 7,3 en hiver à 9,5 en été, au moment des fortes chaleurs et du maximum d'activité chlorophyllienne des Algues.

Elles sont donc favorables à l'établissement d'une flore à Protococcales et à Cyanophytes. Elles sont à niveau presque constant.

Leur analyse bactériologique, effectuée par la méthode de DIENERT, a révélé en Juillet 1939 la présence de 2.600 bactéries au cm³ dont 500 liquéfiantes et celle de 33 champignons inférieurs appartenant aux genres *Mycoderma*, *Sterigmatocystis*, *Mucor* et *Penicillium* (1).

Les eaux des Canaux sont donc bactériologiquement plus pures que celles du Rondeau. Dès les premiers beaux jours, on observe dans les accumulations de détritus des angles de nombreuses bactéries sulfuraires, en particulier des *Achromatium*.

Comme dans le Rondeau, les berges sont pierreuses et abruptes, couvertes de gazon et bordées en quelques endroits de *Carex* ou de rares touffes de Joncs. Les racines des arbres poussent de nombreux prolongements dans les Canaux.

Les eaux sont rigoureusement dépourvues de Phanérogames aquatiques. Leur couleur varie suivant la saison : jaunâtre en fin d'automne (*Dinobryon*), elle passe au gris-vert au printemps (Protococcales), puis au brun (Rotifères) et au gris-bleu (Cyanophytes) en été. Leur trouble est dû à une intense prolifération de plancton dont nous allons étudier les caractéristiques.

Phytoplancton.

Depuis de longues années, les Canaux étaient fortement envasés. La hauteur moyenne de l'eau libre n'excédait guère 35 à 45 cm. Leur curage fut alors décidé et l'opération commença en 1929.

Ce nettoyage des Canaux et l'approfondissement qui s'en suivit eurent une influence considérable sur la nature du Plancton. Les modifications de la flore et de la faune semblant avoir eu des répercussions importantes sur la population piscicole, nous étudierons successivement le Plancton avant et après curage.

Avant 1929, le Phytoplancton était composé presque uniquement d'une quantité prodigieuse de Protococcales. Cette microflore était stable.

Voici la liste des espèces alors observées :

PROTOCOCCALES

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs.

Ankistrodesmus setigerus (Schröd.) G. S. West.

(1) Je remercie bien vivement M. J. DUCHÉ, spécialiste des questions relatives à la chimie et la bactériologie des eaux, d'avoir bien voulu se charger de ces déterminations.

Coelastrum cambricum Archer.
Coelastrum microporum Nägeli.
Pediastrum duplex Meyen.
Pediastrum Boryanum (Turp.) Menegh.
Pediastrum tetras (Ehrbg.) Ralfs.
Scenedesmus opoliensis Richt.
Scenedesmus quadricauda (Turp.) Brebisson.
Scenedesmus dimorphus Kützing.
Scenedesmus falcatus Chodat.
Tetraedron regulare Kützing.
Tetraedron regulare var. *incus* Teiling.
Tetraedron minimum (A. Br.) Hansg.
Tetraedron caudatum (Corda) Hansg.
Tetraedron caudatum var. *incisum* Lagerheim.
Tetrastrum staurogeniaeforme (Schröd.) Lemm.

DESMIDIÉES

Staurostrum gracile. Ralfs.

DINOPHYCEAE

Peridinium inconspicuum tab. *conjunctum* (Lemm) Lef., var.
excavatum (Playf.) Lef.
Peridinium palatinum Lauterborn.

CYANOPHYTES

Merismopedia tenuissima. Lemm.
Aphanizomenon gracile Lemm.

Aphanizomenon gracile ne parvenait pas à se multiplier activement : on n'en rencontrait que de rares trichomes dans chaque goutte de sédiment.

Aussitôt le curage effectué, le faciès de cette microflore changea brusquement. Un plancton de grandes masses d'eau tendait à s'établir : Plancton à *Ceratium hirundinella* et *Asterionella gravillima*. De nombreux Flagellés et quelques Desmidiées firent leur apparition.

Voici les principales espèces reconnues à cette époque :

PROTOCOCCALES

Scenedesmus quadricauda (Turp.) Brebisson.
Tetraedron limneticum Borge.
Tetraedron hastatum (Rab.) Hansg.
Tetrastrum hereracanthum (Nordst.) Chodat.
Pediastrum duplex Meyen.
Pediastrum tetras (Ehrenbg) Ralfs.

DESMIDIÉES

Closterium Venus Kützing.
Closterium moniliferum Ehrenberg.
Closterium Leibleinii Kützing.
Cosmarium granatum Bréb.
Cosmarium impressulum Elfv.
Cosmarium Meneghinii Bréb.
Staurostrum gracile Ralfs.
Xanthidium antilopaeum Kützing.

XANTHOPHYCEAE

Bolryococcus Braunii Kützing.

CHRYSTOPHYCEAE

Dinobryon divergens Imhof.

BACILLARIOPHYCEAE

Asterionella gracillima (Hantzsch) Heib.

DINOPHYCEAE

Ceratium hirundinella Schrank.
Peridinium cinctum (Müller) Ehrenberg.
Peridinium cinctum fa. *angulatum* Lindem.
Peridinium inconspicuum Lemm.

EUGLENINEAE

Euglena acus Ehrenberg.
Euglena acu var. *longissima* Desf.
Euglena Ehrenbergii Klebs.
Euglena spirogyra Ehrenberg.
Euglena fusca (Klebs) Lemm.
Euglena pisciformis Klebs.
Lepocinclis ovum (Ehrenb.) Lemm.
Lepocinclis ovum fa. *dimidiominor* Desf.
Phacus orbicularis Hübner.
Phacus longicauda (Ehrenb.) Duj.
Phacus pleuronecte (O.F.M.) Duj.
Phacus curvicauda Swirenko.
Phacus platylea Drezepolski.
Phacus aenigmatica Drezepolski.
Trachelomonas volvocina Ehrenberg.

CYANOPHYTES

Aphanizomenon gracile Lemm.

Coelosphaerium Kutzingianum Nägeli.

Microcystis aeruginosa Kützing.

La comparaison de ces deux listes montre une régression massive des Protococcales au profit des Flagellés et des Conjuguées.

Ce nouveau peuplement tenait à la fois de la flore des étangs à pH alcalin variable et de celle des mares-étangs de forêts à pH acide (6,2-6,4) et constant.

La substitution s'était faite en un an et nous étions extrêmement surpris de la rapidité avec laquelle elle s'était opérée. Après enquête, nous avons appris que les Canaux recevaient en tête du bras D (Planche XXVII, page 109) des eaux provenant du trop plein de plusieurs étangs de la forêt de Rambouillet, ce qui explique immédiatement le fait.

Déséquilibre biologique constaté après curage des Canaux.

Avant 1929, l'équilibre était ainsi établi et stabilisé : — microflore planctonique très abondante, estivale à Protococcales, hivernale à Diatomées et Dinoflagellés ; microfaune extrêmement riche à Cladocères, Copépodes et Rotifères ; — population piscicole très dense avec, par ordre décroissant de fréquence : *Gardonus rutilus* L. ; *Gobio gobio* L. ; *Perca fluviatilis* L. ; *Cyprinus carpio* L. ; *Anguilla anguilla* L. ; *Esor lucius* L., croissance et multiplication normales du Gardon, du Goujon, de la Perche.

Après 1929, — modification immédiate du plancton : tendance à l'établissement d'un Phytoplancton à *Ceratium hirundinella* et *Asterionella gracillima* avec présence de nombreux Flagellés, Dinoflagellés et de quelques Desmidiées ; — évolution continue de ce phytoplancton : — régression progressive des éléments précédents, développement massif de Diatomées planctoniques (*Synedra acus*) l'hiver et de Cyanophytes (*Aphanizomenon gracile*) en toute saison, mais avec cependant un maximum à la fin de l'été. *Diminution constante de taille chez Gardonus rutilus et régression de toutes les autres espèces.*

Nous allons tenter d'expliquer ces faits.

Nous savons que l'existence et la prolifération des plantes (Algues en particulier) dépendent de plusieurs facteurs dont les principaux sont : composition chimique de l'eau (sels minéraux, organiques et gaz dissous), éclaircissement, température.

Le seul fait d'avoir curé les Canaux a modifié à la fois ces trois facteurs.

En effet, en extrayant l'épaisse couche de vase, on a diminué en grande partie la teneur de l'eau en matières organiques solubles (qui sont le plus souvent des produits du métabolisme des Bactéries et des Champignons inférieurs attaquant la vase) ; on a, en même temps favorisé l'augmen-

tation de la teneur moyenne en oxygène dissous, d'où la présence de quelques Desmidiées et de Dinoflagellés exigeants tels que les *Ceratium*.

En raison de l'approfondissement, l'effet de volant thermique produit par une masse d'eau environ quatre fois plus considérable que la masse primitive, atténue les variations nyctémérales de température et favorise le maintien d'espèces plus sténothermes.

Enfin, l'épaisseur plus grande de la nappe liquide modifie très sensiblement la pénétration des différentes radiations de la lumière solaire, ce qui permet à diverses espèces sensibles de trouver leur optimum d'éclairement.

Les conditions biologiques des Canaux ayant brusquement changé, la

FIG. 35. — Plancton hivernal des Canaux (Janvier 1940) : Péridiniens dominants (*Peridinium aciculiferum*) et filaments encore nombreux d'*Aphanizomenon gracile*.

microflore s'est, elle-même, immédiatement transformée. Le nouveau complexe biologique des Canaux, ainsi créé, tend cependant à évoluer vers le type primitif puisque les conditions physicochimiques tendent elles-mêmes à redevenir ce qu'elles étaient auparavant (comblement progressif et pollution croissante par les feuilles des arbres) d'où cette transformation constante du Plancton à laquelle nous assistons en ce moment.

Il serait fastidieux de retracer ici les aspects successifs du phytoplancton depuis 1929. Nous nous contenterons donc de le définir dans son état actuel.

Dès le mois de décembre, la majeure partie du phytoplancton est constituée par une Diatomée voisine de *Synedra acus* et que nous désignerons sous le nom de *Synedra acus* fa. Elle diffère du type par ses extrémités et son mode de vie : *Synedra acus* type est ordinairement benthique, *Synedra acus* fa, nettement planctonique.

En même temps que cette Diatomée apparaissent habituellement, en

Janvier, deux espèces de *Peridinium* : *P. Palatinum* et *P. aciculiferum*. (Figure 35). Cette dernière espèce n'est apparue qu'après le nettoyage des Canaux. Par contre, *P. inconspicuum* lab. *conjunctum* var. *excavatum* a complètement disparu depuis cette époque.

Des trichomes d'*Aphanizomenon gracile* sont toujours présents, mais pas très abondants. De Février à Avril apparaissent les Protococcales dont voici la liste :

Actinastrum Hantzschii Lagerh.

Ankistrodesmus falcatus var. *mirabile* W. et G. S. West.

FIG. 36. — Plankton des Canaux en Août 1940, 10 ans après leur curage : disparition presque totale du zooplancton au profit des Cyanophytes (*Aphanizomenon*).

A. falcatus var. *acicularis* (V. Br.) G. S. West.

Dictyosphaerium pulchellum Wood.

Kirchneriella lunaris (Kirchner) Moebius.

Pediastrum Boryanum (Turp.) Menegh.

P. tetras (Ehrbg.) Ralfs.

Scenedesmus falcatus Chodat.

S. quadricauda (Turp.) Bréb.

Tetraëdron caudatum (Corda) Hansgirg.

T. minimum (V. Br.) Hansgirg.

Tetrastrum staurogeniaeforme (Schr.) Lemm.

Dès les premières chaleurs, quelques Cyanophytes coloniales commencent à se développer, surtout *Microcystis aeruginosa* et *Coclosphaerium Kützingerianum*.

Aphanizomenon gracile ne prend pas encore une rapide extension. Sa prolifération est toujours précédée de celle d'*Oscillatoria planctonica*.

C'est l'époque de développement du Zooplancton.

Les Protococcales régressent alors rapidement. *Aphanizomenon gracile* progresse à une allure vertigineuse et élimine toutes les autres espèces sauf quelque *Microcystis* et *Coelosphaerium* (Fig. 36). Il se maintient dans cet état jusqu'aux premières gelées et le cycle recommence.

Les seules espèces du plancton susceptibles d'être utilisées par les poissons en raison de leur densité sont les Diatomées, les Peridinien, les Cyanophytes et quelques Protococcales (*Pediastrum*, *Dictyosphaerium*). Les autres espèces alimentent surtout les Cladocères, Copépodes et Rotifères.

Les Cyanophytes des Canaux.

Nous avons observé dans les Canaux cinq espèces principales de Cyanophytes : *Microcystis aeruginosa*, *Coelosphaerium Kützingerianum*, *Oscillatoria planctonica*, *Anabaena variabilis* et *Aphanizomenon gracile*.

Les cinq espèces sont loin d'être intéressantes au même titre : les deux premières sont peu abondantes, la troisième est fugace, mais les deux autres jouent un rôle capital dans l'hygiène de la pièce d'eau. En voici la description :

Anabaena variabilis. (Figures 37 et 38).

Trichomes gris verdâtres plus ou moins recourbés. Cellules en forme de tonneau pourvues de vacuoles gazeuses, longues de 2,5 à 6 μ , larges de 4 à 6 μ . Cellule terminale arrondie ou légèrement cunéiforme. Hétérocystes sphériques de 5 à 6 μ de diamètre. Spores également en forme de tonneau, éloignées des hétérocystes, plus grosses que les cellules (8 à 14 μ sur 7 à 9 μ), disposées en chaînes, à membrane lisse ou faiblement épineuse.

Cette espèce est apparue dans les Canaux il y a plusieurs années.

Elle possède l'odeur dite « de vase ».

Aphanizomenon gracile. (Figures 38 et 39).

Trichomes gris verdâtres isolés, rarement en faisceaux. Cellules rectangulaires longues de 2 à 6 μ , large de 2 à 3 μ pourvues de vacuoles gazeuses. Hétérocystes longs de 5,5 à 7 μ , larges de 3 μ . Cellule terminale arrondie. Kystes cylindriques lisses à extrémités également arrondies.

Chez ces deux espèces, comme d'ailleurs chez beaucoup de Cyanophytes du même groupe, la présence des kystes et hétérocystes est loin d'être habituelle. On peut récolter durant plusieurs mois des trichomes dépourvus de ces organes, ce qui rend leur détermination très difficile.

Elles possèdent toutes deux des vacuoles gazeuses que l'on croit remplies de méthane. Suivant l'importance des vacuoles, elles flottent entre deux eaux ou montent en surface formant des « fleurs d'eau ».

FIG. 37. — Filament isolé d'*Anabaena variabilis*, Cyanophyte à odeur de « vase ».

FIG. 38. — Cyanophytes des Canaux en 1938 : *Anabaena variabilis* (cellules ovales) et *Aphanizomenon gracile* (cellules rectangulaires).

FIG. 39. — Cyanophytes des Canaux en 1940 : *Anabaena variabilis* a disparu et, avec elle, l'odeur dite de « vase ». — *Aphanizomenon gracile* seule subsiste.

Depuis plusieurs années, les hivers étant peu rigoureux, ces Cyanophytes subsistaient encore en masse pendant la mauvaise saison, mais à l'état de vie ralentie.

Au début de l'été elles se multipliaient avec rapidité, formant une fleur d'eau si épaisse qu'en certains endroits, les fines lignes des pêcheurs avaient peine à la traverser pour gagner le fond. *Anabaena variabilis* dégageait une forte odeur perceptible à plusieurs dizaines de mètres des Canaux.

L'hiver 1938-1939 ayant été long et rigoureux (— 18° C. à Rambouillet) les Cyanophytes avaient complètement disparu du plancton pendant la mauvaise saison. Au 8 Juillet on notait la présence de nombreux filaments courts (hormogonies) d'*Aphanizomenon gracile*. Au 15 Juillet, les filaments étaient déjà très allongés et beaucoup plus nombreux. En Août, une abondante fleur d'eau apparaissait, composée uniquement d'*Aphanizomenon gracile*. Durant l'hiver 1938-1939, *Anabaena variabilis* a donc été éliminée. La mauvaise odeur des Canaux avait en même temps disparu, mais, *Aphanizomenon gracile* a, comme nous le verrons plus loin, causé à elle seule d'importants dégâts.

Zooplancton.

Ne pensant pas devoir utiliser nos observations sur les eaux du Domaine de Rambouillet à des fins piscicoles, nous avons négligé, au début, l'étude de la microfaune. Nous avons donc peu de renseignements sur la période précédant les deux dernières années.

Nous avons cependant, le souvenir précis que la microfaune des Canaux était infiniment plus abondante avant leur nettoyage. C'est par dizaines de centimètres cubes qu'un petit filet de 15 cm. d'ouverture, traîné sur une vingtaine de mètres, ramenait le zooplancton composé surtout à cette époque, de Cladocères et de Rotifères. (Figure 40).

Après curage des Canaux, nous n'avons jamais rencontré une telle abondance.

Dernièrement, nous avons pu récolter les espèces suivantes :

CLADOCÈRES

Daphnia longispina O. F. Muller.

Bosmina longirostris O. F. M.

COPÉPODES

Cyclops sp. plur.

ROTIFÈRES

Asplanchna priodonta Gosse.

Anuraea cochlearis Gosse.

A. cochlearis var. *tecta* Gosse.

A. aculeata Ehrbg.
Brachionus angularis Gosse.
Schyzocerca diversicornis Daday.
Triarthra longiseta Ehrbg.
Polyarthra platyptera Ehrbg.
Cathypna luna O. F. Muller.

INFUSOIRES

Codonella lacustris Entz.
Coleps hirtus O. F. M.

FIG. 40. — Plankton des Canaux en Août 1922, avant leur curage :
Copépodes, Cladocères, Rotifères.

Les espèces dont la densité est la plus grande et qui sont susceptibles d'être utilisées par les poissons sont : *Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*, *Cyclops* sp., *Anuraea cochlearis*, *Brachionus angularis*, *Triarthra longiseta*, *Asplanchna priodonta*.

En hiver, le zooplancton est peu abondant : on rencontre cependant quelques *Bosmina*, *Anuraea* et *Cyclops*.

Au printemps, on assiste à l'éclosion des œufs éphippiaux de *Daphnia longispina* qui forme alors des colonies assez peu abondantes et localisées. C'est également l'époque d'apparition de nombreux Rotifères (*Asplanchna*, *Triarthra*, *Schyzocerca*).

Dès la fin de la fraie des Cyprinides et l'éclosion des alevins, les Cladocères et Copépodes se raréfient énormément ; les Rotifères dominent, mais

c'est alors le début de la multiplication cative des Cyanophytes : tout le zooplancton régresse rapidement et disparaît en presque totalité jusqu'à la fin de l'automne.

Rôle néfaste des Cyanophytes dans les Canaux.

Avant 1929, on capturait avec une très grande facilité, dans les Canaux, quantité de Gardons dont le poids variait de 20 à 50 grammes et quelques beaux exemplaires atteignant 600 ou 800 grammes.

Durant l'été qui suivit les travaux de nettoyage, on constata la présence d'une énorme quantité d'alevins d'un an. Ceci peut s'expliquer par un meilleur état sanitaire des pièces d'eau : beaucoup plus d'œufs avaient dû éclore, étant moins attaqués par les bactéries et champignons inférieurs. Pendant deux ou trois ans on captura des Gardons, d'un poids plus élevé et en plus grand nombre qu'auparavant.

Puis, on constata une régression continue de la taille. En 1936, le jour de l'ouverture, un pêcheur captura dans sa journée près de 500 Gardons, mais tous de taille très réduite : 6 à 10 cm.

Nous avons suivi de près, cette année, l'évolution de ces petits poissons. Nous avons pu constater qu'à la taille de 5 ou 6 cm. ils sont pourvus de laitance ou d'œufs. Ils sont arrivés à maturité sexuelle fin Mai et semblent avoir frayé normalement.

Il y a une dizaine d'années, nous avons introduit dans le Rondeau une quarantaine de Gardons prélevés dans les Canaux. Leur taille variait de 10 à 14 cm.

Ces poissons ont admirablement prospéré. Le Rondeau primitivement peuplé uniquement de Carpes et de quelques Anguilles, abrite maintenant une abondante population de Gardons qui atteignent 25 à 28 cm. Un point semble donc acquis : la race même des Canaux qui réussit actuellement très mal dans son lieu d'origine réussit fort bien dans le Rondeau.

Il convenait de rechercher la cause de cette anomalie.

La seule différence essentielle existant entre le Rondeau et les Canaux étant la présence massive dans ces derniers d'*Aphanisomenon gracile* et *Anabaena variabilis*, notre attention a été attirée d'une façon toute spéciale sur ces Algues.

L. LÉGER a déjà démontré que l'odeur dite « de vase » que possèdent certains poissons est due à la présence de Cyanophytes (*Oscillatoria tenuis*) dans les étangs.

Nous avons, nous-même, établi des cultures cloniques de Cyanophytes en milieux exclusivement minéraux, donc imputrescibles, et constaté que plusieurs d'entre elles (*Oscillatoria*, *Phormidium*) dégageaient très fortement cette odeur de vase. Ceci prouve même que ce sont les Cyanophytes qui communiquent à la vase de certains étangs leur odeur caractéristique.

Mais de récentes recherches effectuées aux Etats-Unis établissent que cer-

taines Cyanophytes présentent de bien plus graves inconvénients. Elles seraient fortement toxiques. Des animaux domestiques (Chevaux, Chats, Moutons, Dindons) ayant bu de l'eau d'étang fortement chargée de ces Algues (*Microcystis flos-aquae* ; *Aphanizomenon flos-aquae* ; *Anabaena* sp.) seraient morts en grand nombre.

A la suite d'accidents de ce genre survenus à des moutons dans une ferme du Minnesota, les services vétérinaires furent alertés et des expériences furent tentées par les Docteurs FITCH et GORTNER.

TILDEN dans un important travail général sur les Algues résume ainsi les expériences :

« *The division of Agricultural Biochemistry cooperated with the Veterinary Division in testing the toxicity of the water. According to Docteur GORTNER :*

It proved highly toxic to laboratory animals (rabbits and guineapigs when given per os or intraperitoneally. Death usually occurred within 12-15 minutes after an intraperitoneal injection as small as 1.0 cc. of the water. The only common poison having the potency of the toxin present in this water is prussic acid or one of the cyanides but tests for prussic acid or cyanides in the sample were all negative. Botulinus toxin was then suspected but was shown not to be the acting principle. Alkaloid tests were negative.

A two per cent Hcl extract was made of the Algae, and the Algae filtered off. This extract proved to be as toxic as the original material... The laboratory symptoms of this material are new, no poison with which we are familiar produced some of the symptoms that have been observed, among them a fatty axudate from the eyes. »

Tilden remarque ensuite que le poisson vivant dans les étangs à Cyanophytes « ne croît pas. »

Puisqu'il semble que certaines Cyanophytes sont toxiques pour les animaux supérieurs il est possible d'admettre qu'elles le sont également pour les poissons mais à un degré moindre ; les poissons ne seraient pas tués, mais simplement indisposés et retardés dans leur croissance.

Cette explication, à laquelle nous nous étions tout d'abord arrêté ne nous satisfaisait pas entièrement, car de nombreux Canards et Cygnes évoluent sans cesse dans les canaux infestés de Cyanophytes sans paraître en souffrir.

A notre avis, la toxicité de ces Algues ne semble pas absolument prouvée et, si nous mentionnons ici les travaux des savants américains, c'est surtout pour éveiller l'attention des chercheurs français qui pourraient par la suite infirmer ou confirmer ces observations.

Nous étions donc à la recherche d'une explication plausible du phénomène lorsque deux accidents survenus simultanément l'un à Rambouillet,

dans les Canaux. L'autre à la pisciculture de Clouzioux (Cher) vinrent nous apporter, semble-t-il, la solution du problème.

Fin Août 1939, M. L. POMMIER, qui dirige avec tant de compétence et sur des bases scientifiques sa belle pisciculture de Clouzioux, vint au laboratoire nous faire part d'accidents survenus dans deux de ses étangs d'alevinage : l'eau semblait chargée d'une quantité anormale de phytoplancton, dégageait une forte « odeur de vase » et les alevins mouraient en masse.

L'échantillon qui me fut présenté renfermait en grande quantité une *Anabaena* très voisine d'*A. variabilis*.

Ces Algues s'étaient développées à la suite de faucardements de Phanérogames, les plantes coupées n'ayant pas été retirées de l'eau.

M. POMMIER me fit savoir, par la suite, que lors de la pêche annuelle de ces deux étangs, la taille et le poids des alevins étaient bien inférieurs à la moyenne habituelle (récolte totale 175 kilogrammes, au lieu de 1.500 kilogrammes).

Au même moment, nous étions prévenu que, dans les Canaux du Parc de Rambouillet, les poissons mouraient en masse. Carpes, Goujons, Gardons, Perches, Black-bass allaient ventre en l'air au fil de l'eau et durent être évacués par tombereaux.

Aussi bien à Rambouillet qu'à Clouzioux, la mortalité avait lieu uniquement dans les étangs pourvus de Cyanophytes.

Des dosages faits dans les Canaux montrèrent une carence certaine d'oxygène : 2 milligrammes par litre. Dans le Rondeau, distant des Canaux d'une cinquantaine de mètres, mais peuplé, lui, d'Algues vertes, l'analyse accusait le même jour à la même heure une sursaturation énorme : 17 milligrammes par litre.

Le rôle des Cyanophytes dans ces accidents nous paraît donc manifeste.

Par quel mécanisme agissent-elles ? C'est ce que nous allons voir.

Aussi bien à Clouzioux qu'à Rambouillet, les accidents aigus se sont produits à la suite de fortes chaleurs brusques et orageuses.

Ils se sont renouvelés dans les mêmes conditions.

Il est donc probable que la teneur en oxygène de l'eau était déjà bien faible et que, sous l'action combinée de l'élévation de température et de la baisse de pression, la diminution de solubilité fut telle que la quantité de gaz dissous devint insuffisante pour assurer la respiration des poissons.

Cette carence habituelle, continue, d'oxygène dans les eaux à Cyanophytes est très certainement la cause du défaut de croissance du poisson.

Elle peut tenir à de multiples causes.

1° De par leur organisation spéciale qui les rapproche des Bactéries, les Cyanophytes semblent avoir un métabolisme différent de celui des autres Algues et il est possible que, chez elles, le dégagement d'oxygène consécutif à la synthèse chlorophyllienne soit moins important. Des expériences pourraient être tentées dans ce sens.

2° Les Cyanophytes croissent souvent dans des eaux polluées, donc déjà partiellement privées d'oxygène par les fermentations bactériennes.

3° Les Cyanophytes se développant en masse éliminent, par concurrence, les Chlorophycées grosses productrices d'oxygène.

Le cycle qui précède les accidents graves survenus à Clouzioux et à Rambouillet est identique dans les deux cas :

a) Introduction dans les étangs de matières organiques fermentescibles : — à Clouzioux, produits de faucardements ; — à Rambouillet, feuilles des arbres.

b) Développement massif des Cyanophytes filamenteuses à vacuoles gazeuses constituant des fleurs d'eau.

c) Brusques chaleurs orageuses suivies de pluies abondantes.

La cause déterminante des accidents aigus est toujours une élévation brusque de température avec diminution de pression et chute de pluie.

Il est probable que, là encore, deux facteurs agissent simultanément : — d'abord, comme nous le disions précédemment, la diminution de solubilité de l'oxygène, — puis l'accélération des fermentations.

En effet, nous avons l'impression que, par brusques changements de temps, une grande quantité de Cyanophytes sont tuées et montent en surface, augmentant l'épaisseur de la fleur d'eau. Les pluies orageuses les précipitent sur le fond. Cette masse de matière organique très divisée devient rapidement la proie des Bactéries et l'intense fermentation qui s'en suit absorbe le peu d'oxygène restant. Il y a, en même temps, libération de produits plus ou moins toxiques et dégagement d'ammoniac (Nessler nettement positif).

Un autre inconvénient de ce pullulement de Cyanophytes est son action sur le zooplancton qui se trouve en majeure partie éliminé. Il y a, à la fois, carence d'oxygène (aussi bien pour les Microcrustacés que pour les Poissons) et manque de nourriture, car les Chlorophycées unicellulaires et les Diatomées étant éliminées, les Cladocères ne peuvent absorber les Cyanophytes filamenteuses qui pénètrent très mal dans l'espace prébuccal.

L. LÉGER (1) a très bien pressenti cette action désastreuse des Cyanophytes sur l'hygiène générale des étangs. Bien qu'il n'ait pu constater dans le lac de Nantua, trop profond, des accidents analogues à ceux qui se sont produits aux Clouzioux et à Rambouillet, il n'en écrit pas moins dans sa belle étude sur le lac :

« Mais c'est là un petit inconvénient à côté de celui qui résulte de l'envahissement presque total du lac, à certaines époques heureusement rares,

(1) M. le Professeur LÉGER, Directeur du Laboratoire de Pisciculture de l'Université de Grenoble, a bien voulu m'adresser une série de ses éminents travaux et de ceux de ses élèves. Je l'en remercie bien vivement.

par une autre espèce, l'*Oscillatoria rubescens* D. C., dont les filaments microscopiques innombrables viennent, finalement, flotter à la surface en prenant une coloration rougeâtre qui donne au lac tout entier une teinte pourpre...

« Au moment du phénomène, les filaments microscopiques de l'Oscillaire sont si nombreux qu'ils rendent l'eau comme gluante... On conçoit que les petits alevins qui se trouvent engagés dans ces filaments soient bientôt paralysés et asphyxiés. Pour la même raison, cet envahissement nuit également aux bons éléments nutritifs du plancton tels que les petits Crustacés qui disparaissent alors des couches superficielles. »

En résumé, nous attribuons résolument aux Cyanophytes la responsabilité de la régression de taille constatée ces dernières années chez les poissons des Canaux ainsi que la mortalité survenue au cours de l'été 1939.

Nous sommes, en cela, en parfait accord avec TILDEN, mais en contradiction avec WUNDER et certains de ses élèves (1).

TILDEN écrit en effet :

« *Fish culturists, lake dwellers and others interested in the out-of-doors, should know the truth about blue-green Algae. The natural food material of the blue-green Algae is largely the organic substances found in such polluted waters. In other words, their natural habitat is water foul with decaying organic matter. Therefore, when blue-green Algae are found growing luxuriantly in a lake or stream, it must be considered as a definite indication that pollution of some kind is present. In small quantities these Algae are perfectly harmless. At times, however, certain species of blue-green Algae occurring normally in the invisible plankton of a lake will suddenly increase in numbers so rapidly as to cause the phenomenon known as « water bloom ».*

« *Fish do not thrive in a body of water whose surface is covered with decaying blue-green Algae, for with the process of decay goes the decrease in the oxygen content of the water, and this condition often causes the death of fish. The mealy water-bloom material may also clog the gills to such an extent that the fish die. Green Algae do not usually grow in contaminated water, and thus an important source of oxygen is excluded.*

« *On the other hand, fish do thrive in lakes containing pure water, because other conditions are then usually favorable. Some lakes are fed by bottom springs, have no outlet, and lie exposed to tropical sunshine throughout the year. Blue-green Algae are not present; water bloom has never been observed. The lakes are teeming with fish, large and small and everywhere around the edges there are schools of minnows.*

(1) M. P. VIVIEU, Inspecteur des Eaux et Forêts chargé de l'Institut d'Hydrobiologie du Parclet a bien voulu me signaler et me procurer différents travaux relatifs au rôle des Cyanophytes dans la biologie des étangs de pisciculture. Je l'en remercie bien vivement.

« At first glance no Algae are visible. but closer observation proves that a short green fringe of Oedogonium marks the water level on the shore, and desmids and other green plankton Algae are present. This food chain is evidently a successful one, for the lakes have been observed from time to time during a period of five years.

« What would happen if the water in these lakes became polluted? As an immediate result the Oedogonium plants would disappear, and blue-green Algae would take their place. Would the young fish accept this change of food? Probably they would not, for studies of the digestive tracts of minnows prove that their natural food consists of green Algae — filamentous or plankton species — with or without the addition of animal forms. »

Pour TILDEN, les eaux fournissant le meilleur rendement en poissons sont donc celles qui renferment des Chlorophycées benthiques et planctoniques.

WEIMANN, au contraire (36), ayant étudié très attentivement le rendement en Carpes dans 21 étangs de Silésie, constate que la meilleure production en dimensions et poids est obtenue dans les étangs à Cyanophytes : *Anabaena* et *Aphanizomenon*.

WUNDER écrit également :

« Wir unterscheiden Teiche mit moorigem, braunem Wasser und geringem Ertrag ; solche mit klarem Wasser und mässigem, andere mit grünem Wasser und hohem Ertrag. Die Grünfärbung wird durch verschiedene Algenarten verursacht. Wir können die folgende Stufenanordnung treffen :

« I. — Grünalgenteiche — gute Erträge.

« II. — *Anabaena*-Teiche (punktförmig erscheinende Blaualge) — bessere Erträge.

« III. — *Aphanizomenon*-Teiche (sichelartig erscheinende Blaualge) — Höchste Erträge. »

La production de telle ou telle espèce de Microcrustacés est, d'après lui, en relation avec les espèces du phytoplancton :

« Den verschiedenen Algenstufen eines Teiches entspricht, wie besonders betont sei, auch eine besondere Zusammensetzung der tierischen Nahrung. Während Braunwasserteiche nur einmal im Jahr eine ganz geringe Planktonbildung zeigen, ist die Planktonmenge bei Klarwasserteichen schon etwas besser, praktisch aber immer noch unbedeutend. Die Grünalgenteiche zeigen hauptsächlich Bildung kleinster tierischer Planktonformen (*Bosmina*, *Chydorus*). Bei den *Anabaena*-Teichen steht *Zyklus* und bei *Aphanizomenon*-Teichen *Daphnia* im Vordergrund des tierischen Planktons. »

Ces généralisations nous semblent bien prématurées car plusieurs de nos observations personnelles sont en désaccord avec celles de WUNDER.

Nous avons, par exemple, suivi le développement du plancton dans plu-

sieurs étangs de Sologne et, en particulier, dans les étangs de Clouzieux et de la Bergerie.

L'étang de Clouzieux avait été mis à sec fin Février, puis remis en eau en Avril.

Le 2 Mai, le phytoplancton était à peu près nul (quelques *Pediastrum Boryanum*, *Peridinium palatinum* : *P. Willet* ; *Dinobryon sertularia*) mais le zooplancton déjà très abondant comprenait Copépodes, Rotifères et nombreuses Daphnies.

Le 7 Mai, le phytoplancton était toujours très rare, mais le zooplancton progressait rapidement : gros développement de Daphnies et de Copépodes, apparition de *Bosmina longirostris*.

Le 27 Juillet, un phytoplancton très abondant à Cyanophytes s'est développé : on note la présence de très nombreuses *Anabaena*, *Mycrocystis*, *Coelosphaerium* et quelques faisceaux d'*Aphanizomenon*.

Le zooplancton est en « pleine régression » et ne contient plus que quelques Daphnies et Copépodes.

Dans cet étang, le développement des Cyanophytes a donc été nettement défavorable à celui des Cladocères et des Copépodes.

L'étang de la Bergerie est un étang de forêt à eau brune, à pH peu variable et égal à 6,2 — 6,4. Il renferme donc très peu de Cyanophytes, de Protoceales, mais de très nombreux Dinoflagellés, Desmidiées, Chrysophycées et des Eugléniens.

Son zooplancton est cependant très riche et, au 10 Juin, on y trouvait en abondance des Rotifères, des Copépodes et surtout des Cladocères (Daphnies, *Scapholeberis* et *Chydorus*).

Enfin, dans le Parc de Rambouillet, les Canaux furent peuplés d'un très riche zooplancton tant que les eaux renfermèrent uniquement des Protoceales et des Diatomées. Maintenant que les Cyanophytes y pullulent (*Aphanizomenon*), le zooplancton estival a presque complètement disparu. Par contre, dans le Rondeau (dépourvu d'*Aphanizomenon* et d'*Anabaena*) les Copépodes et surtout les Cladocères (*Bosmina*, *Daphnia*) pullulent.

De tout ce qui précède on ne peut donc, à notre avis, conclure que tous les étangs à *Aphanizomenon* fournissent un excellent rendement en poisson ni, surtout, que ces Algues favorisent le pullulement des Daphnies. La question est, à notre avis, beaucoup plus complexe et, vu son importance aussi bien théorique que pratique, mérite qu'on s'y attache en tenant compte d'un nombre bien plus considérable de facteurs (nature exacte des espèces, densité des populations, composition chimique des eaux, facteurs physiques, etc...).

Un point sur lequel TILDEN, WEIMANN et moi-même semblons être cepen-

dant d'accord est celui de la nocivité des Algues lorsqu'elles deviennent suffisamment denses pour former des « fleurs d'eau ».

L'examen des graphiques publiés par WEIMANN (36) montre, en effet, que, malgré l'apport d'engrais chimiques, l'étang n° 10 ne présente aucune amélioration de 1932 à 1934 et c'est le seul étang sur lequel il signale la présence d'une « fleur d'eau ». Nous aurions bien aimé connaître la composition de cette « fleur d'eau ».

En résumé, nous croyons surtout que si, dans un étang, les Algues forment une « fleur d'eau », elles deviennent dangereuses pour le poisson. En effet, les Algues d'eau douce ne commencent à flotter que si elles présentent une vacuolisation anormale (Cyanophytes) ou une production exagérée de lipoides (dégénérescence graisseuse) qui indiquent toujours un état pathologique (certains Eugléniens, Peridiniens, etc...). Lorsque ces Algues sont ainsi maintenues en surface, elles sont directement exposées aux rayons du soleil, aux écarts brusques de température et elles ne tardent pas à mourir. Leurs cadavres entrent en putréfaction et il se produit un abaissement considérable de la teneur de l'eau en oxygène dissous. Si ce phénomène persiste pendant tout l'été (comme dans les Canaux du parc de Rambouillet) cette carence continue d'oxygène entrave le développement des poissons et peut même entraîner à certains moments, leur mort par asphyxie.

Comme les « fleurs d'eau » sont presque exclusivement fournies par les Cyanophytes, ce sont surtout celles-ci qu'il faut considérer comme dangereuses.

Les Canaux au point de vue piscicole.

Comme pour le Rondeau, nous allons envisager maintenant les différents facteurs favorables ou défavorables à la réussite du poisson dans les Canaux. Cependant, tous les facteurs favorables étant actuellement dominés et rendus inopérants par la présence massive des Cyanophytes, les observations qui vont suivre n'avaient ou n'auront de nouveau de valeur qu'en l'absence de ces Algues indésirables.

a) Facteurs favorables.

Température. — Les Canaux étant ensoleillés et relativement peu profonds, la température de l'eau monte rapidement dès le printemps.

Voici quelques températures prises au hasard : — 25 Octobre 1938 : 9° C. ; — 31 Décembre : 0° ; — 24 Mai 1939 : 19°5 ; 27 Mai : 20° ; 1^{er} Juin : 19° ; — 3 Juin : 19°5 ; 4 Juin : 23° (température de l'air : 22°) ; — 5 Juin : 22° ; 6 Juin : 23°.

La température serait donc suffisante pour assurer la reproduction de la Carpe si des facteurs défavorables n'intervenaient pas.

Nourriture des alevins. — En l'absence de Cyanophytes, elle est assurée

dès le mois de Mai par un abondant zooplancton à Cladocères et Copépodes. La teneur des Canaux en Cladocères de grande taille est supérieure à celle du Rondeau. Dans certains endroits, en Juin, le filet fin ramène une quantité appréciable de coques d'œufs éphippiiaux de Daphnies, mais celles-ci ne subsistent jamais en masse, étant probablement fort recherchées des alevins.

Nourriture des adultes. — Bien que les Canaux ne renferment pas de végétation phanérogamique, la nourriture des poissons adultes est assurée parce que la densité de la population piscicole y est assez faible. La Carpe ne s'y reproduisant pas et étant en forte régression depuis plusieurs années, le zooplancton serait, en l'absence de Cyanophytes, suffisamment abondant pour nourrir les adultes restants.

Le Gardon ne trouve pas, dans les Canaux, une nourriture de choix à cause de la présence massive d'Algues indigestes (Protococcales). Cependant, la densité du benthos à Dicotylées et à filamenteuses (*Odogonium*, *Cladophora*) lui assurent une alimentation suffisante.

Quant aux voraces, s'ils trouvaient, par ailleurs, des facteurs favorables à leur reproduction (frayères), leur nourriture serait assurée dans d'excellentes conditions en raison de l'abondance des petits Gardons.

Maladies du poisson. — Nous n'avons jamais constaté, dans les Canaux, de mortalité due à une maladie bactérienne ou cryptogamique des poissons. Les parasites même (Argule) y sont très rares.

b) *Facteurs défavorables.*

Tout ce qui a été dit à propos du Rondeau au sujet du manque de frayères naturelles saines, de l'absence totale de végétation phanérogamique, du peu de valeur nutritive du phytoplancton s'applique également aux Canaux.

Malheureusement, à ces facteurs défavorables s'en ajoutent d'autres plus nuisibles encore : la présence massive de Cyanophytes et la chute annuelle des feuilles des arbres dans l'eau.

Nous avons étudié précédemment le rôle néfaste des Cyanophytes sur la croissance des poissons. Il n'y a pas lieu d'y revenir.

La présence massive des feuilles d'arbres est certainement un des facteurs qui conditionnent l'apparition des Cyanophytes (matières organiques). De plus, elles libèrent dans l'eau une forte proportion de tannins qui, comme nous le verrons plus loin, entravent très probablement la reproduction de la Carpe dans les Canaux.

c) *Population piscicole.*

Les Canaux sont actuellement peuplés, par ordre de fréquence décroissante, de Gardons, de Goujons, de Perches, de Carpes, d'Anguilles, de Black-bass et de Brochets.

Gardonus rutilus. Linné. — Avant 1929, il réussissait fort bien malgré la présence d'un nombre considérable de Perches qui détruisaient beaucoup de frai. Il atteignait rarement une grande taille, mais les individus de 15 à 18 centimètres étaient légion.

Depuis le curage des Canaux et le pullulement des Cyanophytes, la taille alla sans cesse en diminuant : en 10 ans, la plupart des exemplaires normaux ayant été capturés on ne prend plus guère actuellement que de petits poissons de 6 à 10 centimètres dont il faut près de cinquante en moyenne pour faire une livre !

Comme je l'exposais précédemment, j'attribue ce fait à la présence des Cyanophytes. On remarquera, du reste, que, depuis leur prolifération massive pendant l'été, les Gardons mordent mal en cette saison, donc se nourrissent peu, tandis qu'ils mordent au contraire fort bien pendant tout l'hiver lorsque les Cyanophytes sont en forte régression.

Cyprinus Carpio. Linné. — On distingue dans les Canaux deux races bien différentes : la Carpe commune (type long) et la Carpe sélectionnée des types Cuir et Miroir.

La Carpe commune y a existé de tout temps : elle réussit du reste très mal en ce sens que sa reproduction est à peu près inexistante. En effet, depuis plus de vingt années que nous observons l'évolution de la population piscicole dans les Canaux, il ne nous a pas été donné une seule fois d'observer une production appréciable d'alevins de Carpes. Le nombre des Carpeaux d'un ou deux étés capturés chaque année par l'ensemble des pêcheurs n'atteint certainement pas cinquante. Encore est-il probable qu'ils proviennent en droite ligne du Rondeau dont le trop plein se déverse dans les Canaux.

Nous avons, cette année, suivi le comportement des Carpes au moment de la fraye. Voici le résultat de nos observations :

Le printemps ayant été assez froid, la température de l'eau ne commença à s'élever dans les étangs que fin Mai. Elle était de 19°5 à midi le 24 Mai ; — de 19°5 le 25 ; — 20° le 27 ; — 19° le 1^{er} Juin ; — 19°5 le 3 Juin ; — 23° le 4 ; — 22° le 5 ; — 23° le 6. Elle se maintint élevée depuis cette date.

La température est donc nettement suffisante pour permettre la fraye de la Carpe.

De fait, le 4 Juin, l'activité des Carpes était extraordinaire. Dans tous les endroits de hauts fonds elles étaient rassemblées par centaines se poursuivant sans arrêt, se frottant contre les berges et donnaient l'impression d'une activité sexuelle intense.

Cet état ne dura guère que deux journées.

Malheureusement, tous les individus capturés par la suite furent trouvés porteurs de laitance ou d'œufs non expulsés. Il y a donc eu apparence de fraye, mais pas fraye effective, au moins pour la grande majorité des individus.

Actuellement, la population de Carpes communes est constituée par un nombre assez restreint de poissons dont le poids varie de deux à douze livres et dont il est capturé un certain nombre chaque année.

En Avril 1933, l'Administration des Eaux et Forêts fit déverser dans les Canaux 907 kilogrammes de Carpes Royales (représentant 347 pièces) provenant de la pisciculture MARTIN, à Le Giran (Loiret) ; — en Mai 1934, 125 kgs de Carpes sélectionnées ; — enfin en Mars 1936, 250 kgs de Carpes Royales fournies par M. L. POMMIER, à Clouzieux (Cher).

Pas plus que la Carpe commune, la Carpe Royale ne s'est reproduite dans les Canaux et aucun Alevin de cette race n'a été capturé.

Il est actuellement difficile d'expliquer ce phénomène, cependant je me permettrai d'émettre une hypothèse : celle de l'influence d'une trop forte proportion de tannins dans l'eau.

Comme je l'ai exposé au début de ce chapitre, les Canaux reçoivent chaque année une énorme quantité de feuilles mortes. Ces feuilles, provenant surtout de Platanes et de Peupliers, sont riches en tannins. Elles se décomposent du reste fort mal et on les retrouve un peu brunies mais encore intactes un an après leur chute dans l'eau.

Or, j'ai remarqué que, dans la région de Rambouillet, la Carpe ne se reproduit pas dans les mares-étangs de forêts alimentées par les eaux de fossés lavant des feuilles de chêne : Etang d'Or, Etangs du Gruyer, de Coupe-Gorge, du Moulinet, de la Grenouillère, etc... Il est fort possible qu'il en soit ainsi dans les Canaux.

Une expérience a, du reste, été tentée à ce sujet : des Carpes Royales d'excellente race avaient été introduites dans une mare de forêt du Parc : la Mare du Bout. Elles y croissaient sans se multiplier.

Au mois de Mai 1938, quatre d'entre elles furent prélevées et placées dans une mare de plaine (une des mares du Champ de Courses de Rambouillet). Elles frayèrent la même année et fournirent des alevins parfaitement sains et vigoureux.

Il est à noter que cette action présumée défavorable des tannins sur la Carpe ne s'étend pas obligatoirement aux autres espèces. Je citerai un exemple.

En Mars 1939, j'ai introduit, dans une autre mare de forêt, la Mare des Bécasseaux, très polluée par des feuilles de Chênes, sept Brochets reproducteurs. J'avais également introduit une trentaine de Carpes de trois ou quatre étés pensant que leurs alevins serviraient de nourriture aux jeunes Brochets éventuellement éclos. Les Brochets se sont fort bien reproduits mais aucun alevin de Carpe n'a pu être observé.

Les Canaux se déversent dans de petits cours d'eau appelés Rivières Anglaises. Ces rivières sont alimentées uniquement par les eaux des Canaux. Bien que les conditions biologiques y soient très variées (profondeur, végétation phanérogamique, éclaircissement, etc.), la Carpe ne s'y

reproduit pas. Comme dans les Canaux, il y a apparence de fraye sans aucun résultat.

Cette action néfaste du tannin sur la multiplication de la Carpe semble, du reste, avoir été déjà remarquée. GUÉNAUX (17 — p. 154), donnant des conseils sur le choix d'un étang consacré à la carpiculture, écrit : — « ...par contre, le voisinage d'un bois est à éviter à cause du tannin dont les eaux seraient chargées. »

La Carpe est en régression très nette dans les Canaux depuis plusieurs années. Les causes de cette régression sont : l'augmentation du nombre des pêcheurs, le défaut de repeuplement, le braconnage.

L'effectif des pêcheurs s'est considérablement accru depuis vingt-cinq ans. En effet, le montant du permis, fixé à 20 francs par an avant 1914, n'a été majoré qu'en 1938 pour être porté à 50 francs. Aussi, n'était-il pas rare de voir, ces dernières années, pendant la belle saison, plus de quarante personnes pêchant simultanément dans les Canaux alors qu'il y a vingt ans, on n'en comptait guère qu'une dizaine. Les loisirs laissés aux ouvriers et employés par les nouvelles lois sociales ne sont pas non plus étrangers à cette augmentation du nombre des pêcheurs.

Puisque la Carpe ne se reproduit pas dans les Canaux, il y aurait eu lieu de procéder à de fréquents déversements d'alevins. Pour diverses raisons, ces déversements n'ont pu être effectués et on a dû se contenter de prélever dans le Rondeau en 1936, 1938 et 1940, 2 à 300 kilogrammes de grosses Carpes qui furent déversées dans les Canaux. Le poids moyen de ces poissons étant de 1 livre 1/2 à 2 livres, on voit combien leur nombre est faible pour une étendue d'eau de 15 hectares.

Le braconnage sévit fortement dans le Parc de Rambouillet par suite des facilités d'accès et surtout de l'impossibilité matérielle dans laquelle se trouve un personnel extrêmement réduit d'exercer une surveillance efficace.

Un braconnier m'a avoué dernièrement qu'il plaçait chaque soir, pendant la belle saison, dix lignes de fond et qu'il retirait souvent neuf Carpes le lendemain matin. J'ai pu constater par moi-même, il y a quelques années, la présence quotidienne d'une cinquantaine de ces lignes dans les Canaux. A ce rythme, il est bien difficile de maintenir une certaine densité de poisson dans une pièce d'eau où il ne se reproduit pas !

Perca fluviatilis Linné. — Avant le curage des Canaux on capturait chaque année quantité de perchettes de 2 ou 3 ans et parfois quelques individus atteignant 200 à 500 grammes. Depuis l'approfondissement, la capture de ces petites Perches est devenue très rare. Il semble que la reproduction soit mal assurée. La présence massive des Cyanophytes n'est probablement pas étrangère à cet état de choses car nous avons vu qu'elles provoquaient souvent une grosse carence d'oxygène certainement funeste aux alevins de Perches.

Actuellement, les Canaux abritent encore quelques beaux reproducteurs de une à trois livres, mais il en disparaît malheureusement beaucoup lorsque la fermentation des Cyanophytes abaisse par trop la teneur de l'eau en oxygène.

Esox lucius Linné. — Il est très rare dans les Canaux. Avant 1936, il était à peu près inexistant. En Mars 1936, 24 kilogs de Brochets provenant de la Pisciculture de Clouzioux (Cher) furent introduits, ainsi que quelques individus provenant de la Mare de la Ferme Nationale (Domaine de Rambouillet).

Ces Brochets semblent avoir prospéré car quelques exemplaires de 7 à 10 livres ont été capturés ces dernières années.

Bien que le Brochet trouve dans les Canaux une nourriture surabondante, nous ne pensons pas qu'il puisse jamais se multiplier activement en raison de l'absence de lieux propices à la fraye. On sait que le Brochet recherche à cette époque de petits ruisseaux ou fossés d'eau claire, peu profonds et pourvus de plantes aquatiques. Ces conditions n'existant nulle part dans les Canaux, la reproduction de cette espèce y est nulle. Je n'ai, du reste, eu connaissance d'aucune capture de brocheton depuis que j'observe ces pièces d'eau.

Gobio Gobio Linné. — Bien que les conditions de fond ne soient pas favorables à la multiplication de cette espèce (absence de plages sableuses ou pierreuses) les Goujons étaient assez abondants avant le curage des Canaux. Un pêcheur ayant amorcé au vers de vase en avait pu capturer plus de 200 en quelques heures.

Depuis le curage, le Goujon est en régression très nette.

Micropterus salmoïdes Lacepède. — Le 12 Mars 1936, 50 kilogs de Black-bass mesurant 20 à 30 cm. furent introduits dans les Canaux. Ces poissons provenaient de la pisciculture de M. L. POMMIER, grand propagateur du Black-bass en France. Ils se sont fort bien comportés, atteignant maintenant un poids de 2 à 3 livres, mais ne se sont pas reproduits. L'absence de conditions favorables à la fraye est certainement encore la cause de cet insuccès.

Salmo irideus Gibbons. — Une vingtaine de ces truites furent introduites, également à titre d'essai, dans les Canaux. Elles furent malheureusement toutes capturées la même année. Je ne crois d'ailleurs pas qu'elles y puissent réussir, les conditions d'oxygénation de l'eau étant par trop insuffisantes.

Anguilla anguilla Linné. — Elle est fréquente dans les Canaux, où elle trouve des conditions de fond et de nutrition très favorables. Les exemplaires de 6 à 8 livres ne sont pas rares. Elle est pêchée au vif ou au poisson mort.

a) *Aménagement piscicole.*

Il y a malheureusement peu de remèdes à apporter à la situation piscicole des Canaux.

Il est impossible d'empêcher la chute massive des feuilles dans l'eau, d'améliorer le fond, d'éliminer les tannins ou d'aménager des frayères à Brochets.

Le problème posé par les Cyanophytes est également très difficile à résoudre.

Deux solutions seraient à envisager : les détruire par des moyens chimiques ou bien les empêcher de se développer en apportant des modifications suffisantes au milieu où elles croissent.

Le premier procédé a déjà été expérimenté dans les rizières, en Italie, pour détruire les Algues filamenteuses qui se développent parfois avec une telle exubérance qu'elles entravent totalement la croissance des plantes.

On utilise habituellement le sulfate de cuivre à une concentration variant de 1/1.500.000 à 1/250.000.

Les Cyanophytes étant assez résistantes, il faudrait probablement utiliser la concentration de 1/250.000, ce qui représente, à raison de 4 grammes par mètre cube d'eau, un poids déjà respectable de produit à utiliser (de l'ordre d'une tonne pour le volume d'eau des Canaux).

Comme les pièces d'eau sont alimentées par des sources, donc faiblement courantes, l'opération serait à recommencer périodiquement. De plus, elle ne serait probablement pas sans danger pour les poissons, non du fait de la toxicité du sulfate de cuivre à cette faible concentration, mais parce que la masse des Algues détruites, entrant par la suite en putréfaction, provoquerait un abaissement énorme de la teneur de l'eau en oxygène dissous.

Le second procédé (modification permanente des conditions biologiques des pièces d'eau) serait évidemment le meilleur. Il consisterait à amener dans les Canaux des eaux acides aux constantes chimiques très différentes, qui corrigeraient l'alcalinité, la minéralisation et la teneur en matières organiques dissoutes.

Malheureusement, de telles eaux sont rares dans la région. Avant 1929, une partie du trop plein des étangs acides de la Forêt se déversait en D dans les Canaux. Lorsqu'on améliora le système des égouts de la ville, il fallut y créer une chasse d'eau suffisante pour éviter l'engorgement par accumulation des immondices et les eaux provenant des étangs furent dérivées dans les égouts au détriment des Canaux : Il est possible que cette modification de régime soit une des causes déterminantes de la prolifération actuelle des Cyanophytes.

Enfin, on pourrait encore tenter de modifier les conditions biologiques actuelles des Canaux en y introduisant des Phanérogames aquatiques. Cependant, ce n'est pas, à mon sens, une expérience à tenter, car les pièces d'eau étant de profondeur uniforme, pourraient se trouver très rapidement

envahies et l'Administration dispose d'un personnel infiniment trop restreint pour arrêter à temps l'envahissement.

Il faut donc, je crois, se résigner à attendre l'élimination des Cyano-phytes par évolution naturelle du présent complexe biologique, ce qui peut demander de longues années. En attendant, on pourrait cependant essayer de tirer le meilleur parti possible de la situation actuelle.

Le Brochet et le Black-bass ne se reproduisant pas dans les Canaux, mais y profitant fort bien, on pourrait, sans inconvénient possible, en introduire quelques centaines à l'état d'alevins.

On déverserait de même, chaque année, plusieurs milliers d'alevins de Carpe en provenance du Rondeau.

Enfin, puisque le Gardon continue à se multiplier malgré les Cyano-phytes, on pourrait tenter d'introduire dans les Canaux quelques dizaines de beaux reproducteurs Gardons et Rotengles dont la fraye pourrait être facilitée par la disposition de frayères artificielles en des points reconnus favorables et sains.

III. — RIVIÈRES ANGLAISES

Les Rivières Anglaises (Planche XXVIII, page 135) constituent la partie la plus intéressante du Parc au point de vue hydrobiologique et piscicole.

Malheureusement, j'ai dû interrompre leur étude depuis le mois de Septembre 1939 du fait de la guerre et l'autorisation de la poursuivre ne m'a pas été donnée par les Autorités Allemandes qui occupent le Parc en totalité.

Je me trouve donc dans l'obligation de négliger certaines questions relatives aux variations de la microflore et de la microfaune dans les différents bras de ces petits cours d'eau, variations cependant bien intéressantes à étudier en rapport avec la végétation supérieure, la teneur en matières organiques dissoutes, la flore bactérienne et fongique, le pH, etc... Je m'en excuse vivement et me propose de reprendre ces questions dès que les circonstances le permettront.

En 1929, les Rivières Anglaises étaient fortement envasées, très malsaines, en proie à des fermentations abondantes et nauséabondes. Les poissons s'y maintenaient fort mal. Au moment du curage des Canaux, la situation devint plus critique encore : la vase extraite ne pouvant être évacuée au loin fut déversée entre les bras des rivières. Cette partie du Parc fut transformée en un vaste marécage au travers duquel l'eau se frayait un passage où elle pouvait.

Cette situation dura plusieurs années, jusqu'à ce que la vase fut suffisamment consistante pour pouvoir être travaillée.

Sous l'active direction de MM. JAPY et PONCET, assistés du maître Jardinier CARON, cette partie du Parc fut admirablement restaurée : Malheureu-

PLANCHE XXVIII — Rivières anglaises.

sement, le curage des rivières fut trop superficiel, sauf en ce qui concerne le dernier bief et il faudrait déjà qu'il fût recommencé.

En effet, à l'encontre de ce qui se passe dans les Canaux, les Rivières Anglaises sont toutes pourvues d'une abondante végétation supérieure composée, en majeure partie, de *Ceratophyllum submersum* et d'*Elodea canadensis*. Ces plantes extrêmement envahissantes encombrant à tel point certains bras de rivières que les poissons en ont été chassés, n'y pouvant plus circuler. Les jardiniers du Parc sont en nombre beaucoup trop restreint pour pouvoir juguler cet envahissement et c'est grand dommage.

Les Rivières Anglaises du point de vue biologique.

Ces cours d'eau sont alimentés directement par le trop plein des Canaux qui s'y déverse en E et E'. Le débit est en général très faible, variable et ne dépasse jamais quelques dizaines de litres à la seconde dans les conditions les plus favorables, aussi le cours des Rivières est-il fort lent.

Le premier bief, commençant en E, à la Grotte des Amants, s'étend jusqu'au barrage F et à la vanne F'. Sa longueur est d'environ 200 m. et sa largeur moyenne 8 à 10 m. Sa profondeur varie de 30 cm. (au voisinage de la Grotte) à 70 ou 75 cm. au voisinage du pont et à la pointe de l'île. La végétation supérieure y est assez abondante et composée uniquement de *Ceratophyllum submersum*.

Depuis la grotte jusqu'au pont, la rivière est bordée de hauts platanes qui surplombent l'eau, aussi son lit est-il encombré d'une masse énorme de détritiques organiques, branchages et feuilles, qui le comblent peu à peu et sont le siège de fermentations estivales nauséabondes et très préjudiciables à la gent aquatique. L'épaisseur de la vase ainsi formée est déjà très grande. Cette vase, d'un noir d'encre, est souvent recouverte de Cyanophytes filamenteuses (*Oscillaires* et *Phormidium*) qui lui communiquent leur odeur caractéristique.

La microflore et la microfaune sont naturellement les mêmes que dans les Canaux et subissent les mêmes variations saisonnières. On note cependant une plus grande abondance de Diatomées qui se développent surtout sur les *Ceratophyllum*.

L'eau est toujours très trouble, comme dans les Canaux, parce qu'elle renferme un abondant Plancton. En été, les Cyanophytes planctoniques (*Anabaena* et *Aphanizomenon*) amenées avec l'eau des Canaux accentuent encore le trouble de l'eau et provoquent les mêmes accidents. En G, une bifurcation de la Rivière forme un bras II N, long, étroit et peu profond. Ce bras est complètement envahi par une végétation extrêmement dense de *Ceratophyllum* et d'*Elodea*. Un feutrage d'Algues filamenteuses (*Spirogyra*, *Cladophora*) s'enchevêtre dans ces plantes et forme un tapis presque continu à la surface de l'eau.

L'eau de ce bras, parfaitement claire, est absolument dépourvue de Cyanophytes, ce qui prouve que les *Ceratophyllum* et *Elodea* modifient très

profondément le milieu dans le sens de l'épuration avec absorption probable des matières organiques dissoutes. Je n'ai jamais observé de mortalité de poissons dans ce bief, même lorsque les bras voisins étaient atteints. L'absorption d'acide carbonique consécutive à la fonction chlorophyllienne y est telle que le pH peut atteindre 11 (température de l'eau 26° C.) au début de l'été, par temps clair alors que, dans les biefs voisins, il ne dépasse pas 8,7.

L'épuration se fait très rapidement, sur un parcours d'une cinquantaine de mètres en allant de G vers N. La concurrence des plantes supérieures pour les Algues unicellulaires semble ici très grande car la microflore benthique est aussi pauvre que la microflore planctonique, sauf l'hiver pendant lequel on note une assez forte proportion de Diatomées.

Je n'ai guère étudié le bief F F' O qu'aux environs du barrage et de la vanne. C'est, incontestablement, l'endroit le plus malsain des Rivières Anglaises. La profondeur ne dépasse pas 20 à 30 cm. Une épaisse couche de vase noire recouvre le fond. Cette vase provient de débris de plantes aquatiques et surtout d'une énorme quantité de feuilles de platanes y tombant chaque automne. C'est toujours dans ce bief que les poissons commencent à périr lorsque l'on constate une mortalité anormale dans les Rivières Anglaises. Au cours d'un de ces accidents, survenu au début de Juin 1939, j'ai procédé à l'analyse microscopique de la vase. Cet examen a révélé la présence d'un nombre considérable de Cyanophytes, en particulier de *Spirulines* qui indiquent une eau fortement chargée en matières organiques. J'ai noté, de plus, la présence d'un nombre prodigieux de Sulfobactéries (*Thiothrix*, *Thiospirillum*, *Achromatium* et surtout *Chromatium*) qui sont, non la cause déterminante, mais l'indice d'une intense production d'hydrogène sulfuré. Le nombre des *Chromatium* était tellement élevé que les plaques superficielles de vase détachées par la production de gaz et venant flotter à la surface de l'eau étaient couleur « lie de vin ».

Un curage immédiat s'imposerait donc dans cette partie des Rivières.

Le bras I M débute par une boucle d'une trentaine de mètres de diamètre renfermant une île. Dans cette boucle la profondeur varie de 0^m 20 à 1 mètre. On ne remarque aucune végétation supérieure, aussi, la microflore et la microfaune sont-elles identiques à celles des Canaux.

Ce bief est peu envasé. N'étant bordé que de quelques jeunes saules pleureurs, l'apport annuel de matières organiques exogènes y est très restreint, aussi est-ce un des endroits les plus sains des Rivières. Je n'y ai jamais constaté de mortalité.

De J à M, le bras de Rivière est formé d'une succession de biefs de longueurs très inégales (quelques dizaines à quelques centaines de mètres) et de profondeur variée (30 à 70 cm.).

Tous sont pourvus d'une abondante végétation d'*Elodea*, de *Ceratophyl-*

lum, de *Potamogeton*, entremêlés de masses d'Algues filamenteuses : *Spirogyra* et *Cladophora*.

Ils sont en voie de comblement rapide.

Le rôle épurateur joué par la végétation phanérogamique dans le bras G N se retrouve identique entre J et M.

L'eau très chargée de Plankton en I se clarifie peu à peu et c'est une eau assez transparente qui coule en M.

Les trois bras des Rivières Anglaises se réunissent en N O M pour n'en plus former qu'un seul.

C'est de beaucoup le plus intéressant. Sa largeur varie de 8 à 12 mètres et sa profondeur de 30 cm. à 4 mètres.

Il est alimenté par les eaux purifiées des bras G N et I M et par les eaux polluées des bras E O.

En P, un bras secondaire, peu large et peu profond, se détache pour former une île. Les eaux sortent du Parc en S, passent sous la route et forment la source d'une très petite rivière : la Guéville.

Le bief O S est pourvu d'une abondante végétation de Cératophylles et d'Algues filamenteuses. Il est parfois recouvert en partie de *Lemna*. La composition de ses eaux, beaucoup plus pures que celles des Canaux tend à se rapprocher de celle des mares-étangs, d'où la présence dans le plankton d'Algues unicellulaires à tendance moins saprophytique : *Euglena acus*, *E. oxyuris*, *F. tripteris*, *Phacus agilis*, quelques Desmidiées et nombreux Peridiniens ; absence presque totale des Cyanophytes des Canaux.

Le pH moyen y est toujours inférieur à celui des autres eaux du Parc.

L'arrivée dans ce bief de plusieurs drains qui collectent une partie de l'eau de la forêt voisine n'est probablement pas étrangère à cette modification des constantes chimiques et du changement apporté à la microflore.

Les Rivières Anglaises du point de vue piscicole.

Les conditions biologiques des Rivières étant infiniment plus variées que celles des Canaux la population piscicole y est très différente. Pendant les années qui suivirent la reconstruction de cette partie du Parc, on assista à un véritable pullulement de poissons qui se reproduisaient avec d'autant plus de rapidité que la pêche y était interdite. Tous les biefs, nouvellement curés, étaient fort sains et on ne constatait aucune mortalité. Les bras G N et I M en particulier abritaient des Gardons par milliers. Les voraces, Perches et Brochets, se multipliaient avec rapidité et la Carpe y atteignait des proportions imposantes. Cette situation excellente est malheureusement en régression constante et rapide depuis 1935.

Les biefs H N, J M sont actuellement complètement envahis par les plantes aquatiques et ne recèlent plus que des Anguilles... et des Grenouilles.

L'envahissement est prodigieusement rapide.

J'ai suivi de près la progression des *Ceratophyllum* dans la région H G. En un an, les plantes ont gagné une cinquantaine de mètres, sont passées sous le pont G et commencent à envahir le bief E F. J'ai vu des aires d'eau libre de plusieurs mètres carrés se rétrécir en quelques jours : les poissons se trouvant rassemblés et emprisonnés dans une surface de plus en plus restreinte ne pouvaient s'évader et devenaient la proie des bêtes ou des braconniers.

Chaque année les biefs E F F' et F F' O sont empoisonnés par la fermentation des débris organiques qui les comblent peu à peu et la mortalité y est telle qu'on avait cru, au début à un empoisonnement des eaux dû à la malveillance.

Seuls, les biefs I J et N S sont actuellement sains et susceptibles d'être mis en valeur sans grands travaux.

Nous allons étudier maintenant la population piscicole des différentes parties des Rivières Anglaises et indiquer pour chacune d'elles les aménagements à envisager.

I. — Bief E F F' : Grotte des Amants à la Chaumière aux Coquillages.

Bief actuellement peuplé, par ordre de fréquence décroissante, de Gardons, d'Anguilles, de Brochets, de Perches, de Brèmes et de Carpes. La situation piscicole, extrêmement florissante il y a quelques années est actuellement en grosse régression par suite de l'envahissement par les Phanérogames et de l'envasement rapide du bief. Le Gardon diminue de taille parce que la Rivière est alimentée directement par l'eau à Cyanophytes des Canaux.

La Carpe ne s'y reproduit pas : elle est, du reste, peu abondante, mais les quelques spécimens qui subsistent sont de belle taille.

La Brème est rare. Elle ne se reproduit plus, ses frayères ayant disparu.

L'Anguille se maintient bien. Elle trouve en abondance des larves de Chironomes dont elle paraît être très friande si on en juge par l'examen de son contenu stomacal.

Le Brochet est en forte régression parce que le bief H N dans lequel il trouvait d'admirables frayères est maintenant entièrement obstrué par les plantes aquatiques.

Enfin Perches et Brochets sont les plus atteints lors des fermentations estivales de la vase organique et de la carence d'oxygène qui s'en suit.

Pour remédier, dans la mesure du possible à ces inconvénients, il faudrait nettoyer chaque année, ou au moins tous les deux ans, la partie du bief s'étendant de la Grotte des Amants au pont de pierre et faucarder le bras H N sur une cinquantaine de mètres pour permettre au Brochet de venir frayer.

Il y aurait lieu, également, de porter au maximum, pendant les fortes chaleurs, l'admission d'eau en provenance des Canaux. Bien qu'étant primitivement peu oxygénée, cette eau s'aère mécaniquement par son passage

sur les rocailles de la grotte des Amants et quelques chasses d'eau données à bon escient pourraient souvent éviter l'asphyxie des poissons.

Biefs F F' O - H N — J M.

Ces parties des Rivières Anglaises extrêmement florissantes au point de vue piscicole, il y a quelques années, sont actuellement presque dépourvues de poissons en raison de l'envahissement par les Phanérogames aquatiques ou par suite du comblement progressif par les feuilles des arbres. Elles ne pourront être mises en valeur tant qu'un curage sérieux n'aura pas été fait.

Bief I J.

Ce bief est actuellement peuplé de Gardons, de Perches, de Carpes et d'Anguilles. Il ne renferme pas de Brochets.

Le Gardon et la Perche s'y reproduisent fort bien.

La Carpe ne s'y multiplie pas mais y trouve certainement une nourriture abondante car elle y atteint une belle taille. Il y aurait intérêt à introduire chaque année quelques dizaines de forts alevins de Carpe sélectionnée dans cette boucle des Rivières.

La partie gauche de la boucle, peu profonde, présente un début d'envahissement par la végétation supérieure. Il y aurait lieu de faucarder immédiatement.

Bief N M S.

Son peuplement en poissons est fort dense et varié. On y trouve en abondance du Gardon, de la Perche, du Brochet, de la Brème, de la Carpe, de la Tanche et de l'Anguille.

La Tanche y a été introduite par M. H. BERDER qui, il y a quelques années, en déversa 52 dans le bief.

Le poisson rencontre, en effet, ici, d'excellentes conditions d'existence : eau plus pure que partout ailleurs, fonds variés, végétation supérieure abondante mais non envahissante (au moins jusqu'ici), nourriture assurée par un riche zooplancton, par de nombreux insectes, mollusques et larves aquatiques qui hantent les Phanérogames et par une florissante population d'Algues unicellulaires (Diatomées, Périidiniens, Euglénien) ou filamenteuses.

Enfin, les eaux arrivant en N O M sont infiniment moins riches en Cyanophytes que celles des Canaux.

L'équilibre piscicole y semble actuellement parfait mais certaines précautions seront à prendre si on veut qu'il subsiste.

En effet, à l'origine ce bief est très peu profond (25 à 40 cm). D'énormes platanes le surplombent et une grande quantité de détritus (feuilles, branchages) viennent chaque année le polluer et en exhausser le fond. Les *Ceratophyllum* s'y sont installés et viennent encore accélérer le comblement. Cette région forme un foyer d'infection qui nuit certainement à la bonne hygiène du cours d'eau. Il faudrait le nettoyer souvent.

Le petit bras P Q est également peu profond. Il est maintenant complètement envahi par les *Ceratophyllum* et les Algues filamenteuses. Or, j'ai pu constater que ce lieu constituait justement une excellente frayère à Brochets. Si l'accès ne leur en est plus permis, il faudra s'attendre à une forte régression de l'espèce. Un faucardement partiel (il faut laisser quelques touffes de plantes pour faciliter la fraye) s'imposerait chaque année dans ce petit bras.

CONCLUSIONS

Du point de vue purement hydrobiologique, les eaux du Parc de Rambouillet présentent un certain intérêt. Elles sont d'un type unique dans la région. Leur origine, leur minéralisation, leur pH élevé et variable font qu'elles possèdent une microflore et une microfaune bien spéciales, nettement différentes de celles des autres eaux de la forêt.

Les différences de conditions biologiques fournies par les variations de profondeur, de teneur en matières organiques dissoutes, l'absence ou la présence de Phanérogames aquatiques, etc..., ont une répercussion intéressante à étudier sur les caractéristiques qualitatives et quantitatives du Plancton.

L'ensemble des observations effectuées sur les différentes eaux du Parc nous a permis d'apporter une contribution à la connaissance de diverses questions encore peu étudiées : — modifications apportées à la microflore et à la microfaune à la suite de l'approfondissement et du curage des pièces d'eau ; — évolution saisonnière du Plancton ; — rôle néfaste des Cyano-phytes sur le microplancton et les poissons ; — nutrition des poissons ; — rôle purificateur des Phanérogames aquatiques libres sur les eaux polluées, etc., etc.

Il apparaît que la capacité biogénique du Rondeau est excellente pour les alevins et qu'il convient, moyennant certains aménagements, d'en faire une pièce d'eau d'alevinage de Carpe et de Gardon.

Les Canaux, alimentés par l'alevinage du Rondeau et enrichis de quelques Brochets et Black-Bass, verraient rapidement leur population piscicole s'accroître.

L'état sanitaire des pièces d'eau n'est actuellement pas parfait. Le Rondeau s'envase rapidement : sa profondeur qui était de 1^m50 après curage en 1929 n'est déjà plus que de 70 à 80 cm.

Des amas de feuilles mortes comblent peu à peu les angles et culs de sacs des Canaux et, en ces endroits, le fond ne tardera pas à émerger.

Quand aux Rivières Anglaises, la plupart de leurs biefs sont déjà partiellement envahis et en voie de comblement rapide.

Des nettoyages fréquents, au moins partiels, s'imposeraient.

Il y aurait aussi gros intérêt à ce que certains biefs des Rivières puissent être vidés séparément : ceci faciliterait le faucardement, le curage, permettrait la culture séparée de différentes espèces et la récolte du poisson.

La remise en état de certaines vannes et l'établissement de dispositifs individuels de vidange est donc à envisager.

Ces travaux étant effectués, il serait possible d'obtenir des eaux du Parc un rendement piscicole non négligeable dans les circonstances actuelles.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALLORGE (P.). — Desmidiées du Lac de Grand-Lieu (Rev. Algol., I, 1925).
2. ALLORGE (P.). — Sur le benthos à Desmidiées des étangs siliceux dans les plaines de l'Ouest et du Centre de la France (C. R. Ac. Sc., 1927).
3. ALLORGE (P. et V.). — Hétérocontes, Euchlorophycées et Conjuguées de Galice. (Rev. algol. V, 1930.)
4. ALLORGE (P.) et LEFÈVRE (M.). — Algues de Sologne. (Bull. Soc. bot. Fr., T. LXXVII, 1930.)
5. BIGEARD (E.). — Les *Pediastrum* d'Europe, étude biologique et systématique. (Trav. du Lab. de Bot. de l'Univ. Cathol. d'Angers, n° 5, 1933.)
6. BRUNTHALER (J.). — Protococcales (in PASCHER : Süßwasserflora Deutschl. u. s. w. Heft 5, 1915).
7. CHODAT (R.). — *Scenedesmus*, Etude de génétique, de systématique expérimentale et d'hydrobiologie. (Rev. Hydrol. III^e année, n°s 3-4, 1926.)
8. CONRAD (W.). — Recherches sur les Flagellates de Belgique (Mem. du Mus. Roy. d'Hist. Nat. de Belgique, n° 47, Bruxelles, 1931.)
9. CONRAD (W.). — Revision du genre *Mallomonas* Perty (1851) (id. mémoire n° 56, Bruxelles, 1933).
10. CONRAD (W.). — Etude systématique du Genre *Lepocinclis* Perty (id. deuxième série, Fasc. 1, Bruxelles, 1935).
11. DEFLENDRE (G.). — Monographie du genre *Trachelomonas* Ehrbg. (Nemours, 1926.)
12. DREZEPOLSKI (R.). — Supplément à la connaissance des Eugléniens de la Pologne (Kosmos, L, 1925).
13. FRÉMY (P.). — Les Myxophyceae de l'Afrique équatoriale française (Caen 1930).
14. FRITSCH (F. E.). — The structure and reproduction of the Algae (Vol. I, Cambridge, 1925).
15. GEITLER (L.). — Cyanophyceae (Leipzig, 1932).
16. GRONBLAD (R.). — Finlandische Desmidiaceen aus Keuru (Acta Soc. p. Fauna et Fl. fenn. 47, 1920).
17. GUÉNAUX (G.). — Pisciculture, Paris, 1923.
18. HUSTEDT (F.). — Bacillariophytae (in PASCHER : Süßwasserflora Deutschl. u. s. w. H. 5., 1932).
19. KREITMANN (L.). — Etude Hydrobiologique et Aménagement Piscicole de trois lacs du Jura utilisés industriellement (Grenoble, 1937).
20. KRIEGER (W.). — Die Desmidiaceen (RABENHORST : Kryptogamen-Flora von Deutschl. u. s. w. H. 9, 1932).
21. LEFÈVRE (M.). — Monographie des espèces d'eau douce du genre *Peridinium* (Arch. Bot. T. II (1928) mém. n° 5, 1932).
22. LÉGER (L.). — Etude Hydrobiologique pour servir à l'Aménagement et à la Restauration piscicoles du Lac de Nantua. (Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble, T. 12, XIX^e année, 1927.)

23. LÉGER (L.). — L'Alimentation naturelle de la Carpe et le rendement rationnel des étangs. (Id. XV^e et XVI^e années. Grenoble, 1925.)
 24. LORIN (F.). — Rambouillet, la Ville, le Château, ses Hôtes (Paris 1907).
 25. PASCHER (A.). — Volvocales (in Süßwasserflora Deutschl. u. s. w. H. 4, 1927)
 26. PASCHER (A.) et LEMMERMANN (E.). — *Flagellatae* (in Süßwasserflora Deutschl. u. s. w. H. 2, 1913).
 27. ROLL (J.). — Les nouvelles espèces d'Algues trouvées aux environs de la station biologique du Donetz du Nord (Arch. russes de protistologie IX, 1925).
 28. ROULE (L.). — Les Poissons des Eaux Douces de la France (Paris, 1925).
 29. SKUJA (H.). — Vorarbeiten zu einer Algenflora von Lettland (Acta Horti bot. Univ. Latviensis, I, 1926).
 30. SKVORTZOW (B. W.). — Die Euglenaceengattung *Trachelomonas* Ehrbg. (Ar. biolog. Stat. Sungari, I, 1925).
 31. SMITH (G. M.). — Phytoplankton of the Inland Lakes of Wisconsin (Bull. of the Univers. of Wisconsin, Surv. pt. I, 1920 ; Pt. II, 1924).
 32. STANKOVITCH (S.). — Etude sur la morphologie et la nutrition des alevins de poissons Cyprinides. (Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble, XIII^e année, 1925.)
 33. TILDEN (E.). — The Algae and their Life Relations (Minneapolis 1935).
 34. SWIRENKO (D. O.). — Matériaux pour servir à l'étude des Algues de la Russie. Données systématiques et géographiques sur les Euglénacées. (Trav. Soc. Natural. Karkow, XLVIII, 1916.)
 35. VIVIER (P.). — Sur les variations quantitatives du plancton pelagique du lac du Bourget. (Travaux de l'Association Internationale de Limnologie Théorique et Appliquée. — Congrès de France, 1937.)
 36. WEIMANN (R.). — Ueber Düngerwirkung in schlesischen Karpfenteichen (Das Superphosphat, Jahrf. 12, nr 3, 1936).
 37. WEST. (W. and G. S.). — A Monograph of the British Desmidiaceae. (The Ray Soc., Vol. I-IV, 1905-1912, vol. V by Nellie Carter, 1923.)
 38. WUNDER (W.). — Untersuchungen über die Besiedlung des Teichbodens mit Nahrungstieren des Karpfens (Zeitsch. für Fischerei und deren Hilfswiss., Bd. XXXIV, 1936).
 39. WUNDER (W.). — Teichforschung in Schlesien (Der Biologie, VII Jahrg., Heft 7, 1938).
-