Pour le pisciculteur, la dernière forme que nous avons à mentionner, l'*Hemiclepsis marginata* ou Clepsine bordée (Fig. 49), n'est que de très minime importance. En effet, c'est une espèce plutôt prédatrice, ne s'attaquant que rarement aux poissons, à l'Anguille en particulier, à laquelle elle peut inoculer dans le sang un Trypanosome, voisin de celui que nous mentionnons plus haut, mais qui paraît sans action nocive sur son hôte. Le corps de cette Sangsue est lancéolé, aplati, faiblement transparent et il

FIG. 49. — *Hemiclepsis marginata*.

atteint une longueur de 30 millimètres ; ses couleurs sont assez vives et élégantes : sur un fond jaune pâle se détachent des points verts, jaune foncé, brun rouge ou de petites bandes vertes ou brun rouge. C'est sous les pierres, parmi les plantes aquatiques, parfois même dans le sable, que se tient à l'ordinaire la Clepsine marginée, se nourrissant de Mollusques, de Vers ou autres bestioles. Comme pour toutes les Clepsines, les jeunes, incomplètement développés, sont portés sur la face ventrale de la mère ; nous disons de la mère et non pas de la femelle puisque les Sangsues sont hermaphrodites (1).

LES PRINCIPES DE LA LIMNOLOGIE

Par M. PAUL VIVIER

Garde général des Eaux et Forêts,
Assistant à la Station de recherches de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts.

La limnologie ($\lambda\iota\mu\nu\alpha$, forme dorienne, $\lambda\iota\mu\nu\eta$, forme attique : marais, étang, lac) peut se définir étymologiquement : *l'étude rationnelle des eaux douces et stagnantes*.

C'est à peu près la définition de ROULE (1914) (2). THIENEMANN (1926), adoptant les conclusions du Congrès international de limnologie de 1922, donne à cette science une extension plus grande et fait entrer dans son ressort tout le domaine des eaux douces : eaux courantes, eaux souter-

(1) Les figures ont été empruntées à l'excellent *Manuel des pêcheurs, pisciculteurs et gardes-pêche* édité par la Société centrale pour la protection de la pêche fluviale. — Bruxelles, 1933.

(2) ROULE (L.). — *Traité de la pisciculture et des pêches*, p. 702 ; — Paris, Baillière, 1914.

raines, saisonnières, thermales, neigeuses, saumâtres, organiques, etc. (1). La limnologie est donc devenue *l'étude de tout ce qui concerne les eaux douces, théoriquement et pratiquement*. Il n'y a, en effet, aucun autre vocable qui puisse être employé dans un sens aussi général, l'hydrologie et l'hydrobiologie ayant, chacune, un objet propre, comme on le verra plus loin.

Nous nous bornerons cependant ici à l'étude des eaux lacustres, les mieux définies, les mieux étudiées et les plus importantes au point de vue piscicole. Il y a, il est vrai, tous les termes de passage entre les eaux stagnantes et les eaux courantes : un lac et un étang voient, en général, leurs eaux se renouveler par l'apport des affluents et le déversement des émissaires ; réciproquement, une rivière, coupée par un barrage, devient lac sans qu'il soit toujours possible de savoir où celui-ci commence ; mais les eaux lacustres sont, en général, suffisamment définies par leur débit insignifiant, eu égard à leur volume.

Nous appellerons : — *lac* une eau stagnante occupant une cavité, en général, profonde ; — *étang* un lac sans profondeur, qui peut être colonisé sur toute son étendue par la flore littorale d'un lac (FOREL). Cette distinction n'est pas toujours très précise : elle est néanmoins suffisante. Ainsi le lac Balaton, sans profondeur, est néanmoins un lac parce que la végétation reste confinée sur les bords ; il en est de même des petits lacs de montagne, malgré leur peu de profondeur. Réciproquement, une vaste étendue d'eau est un étang si elle est partiellement envahie par la végétation ; il y a bien un certain rapport entre la végétation et la profondeur, mais ce rapport n'est pas absolu. En général, les lacs se trouvent en montagne et sont peuplés de Salmonidés ; les étangs s'étendent surtout en plaine où ils offrent aux Cyprinidés un lieu d'élection.

**

Bien que son nom soit récent et son extension contemporaine, la limnologie est aussi ancienne que la géographie ; STRABON, dans sa « *Géographie* », POMPONIUS MELA, dans son « *De Situ Orbis* », PLIN L'ANCIEN et AMIEN MARCELLIN, quand ils parlent de la « traversée » du Léman par le Rhône, font déjà de la limnologie.

Il faut attendre cependant le XVIII^e siècle pour trouver, dans le domaine de l'eau comme dans celui du sol, les premières études scientifiques : ainsi DE SAUSSURE étudie en 1779 la température du lac Léman. C'est seulement à la fin du XIX^e siècle qu'apparaissent les ouvrages fondamentaux de la limnologie : ceux de FOREL sur le Léman, de DELEBECQUE sur les lacs français, de MAGNEIN sur la flore des lacs du Jura.

Depuis lors, à l'étranger surtout, les écoles et les travaux se multiplient, en Allemagne sous l'influence de THIENEMANN ; au Danemark, grâce à WESENBERG-LUND ; en Suède, sous l'impulsion de NAUMANN. En Autriche

(1) « *Die Limnologie umfasst alles, was die Binnengewässer betrifft.* » — THIENEMANN (A.). — *Die Binnengewässer*, I, p. 13 ; — Stuttgart, 1926.

RUTTNER ; en Hongrie MAUCHA ; en Suisse MINDER, ZSCHOKKE et BACHMANN ; en Belgique ROUSSEAU et LESTAGE ; en Italie MONTI ; en Amérique enfin BIRGE et JUDAY sont les spécialistes les plus connus.

Une meilleure connaissance de la flore et de la faune lacustres, des analyses chimiques plus précises, des appareils plus perfectionnés, permettent à la limnologie de se constituer en science autonome.

De nombreux laboratoires s'élèvent à Plön (Allemagne), Hilleröd (Danemark), Overmeire (Belgique), Aneboda (Suède), Milan (Italie), au lac Balaton (Hongrie), au Wisconsin (Etats-Unis), etc., etc., et en 1922 se constitue l'*Association internationale de limnologie théorique et appliquée* qui, sous la présidence de THIENEMANN, se réunit en congrès internationaux périodiquement.

En France, où les études marines étaient pourtant très poussées grâce aux laboratoires de Roscoff, Wimereux, Banyuls et Tamaris et aux expéditions maritimes, la limnologie s'est trouvée longtemps délaissée. Cependant les laboratoires de Grenoble (LÉGER), du Muséum à Paris (ROULE), de Toulouse (JAMMES), de l'Ecole nationale des Eaux et Forêts (HUBAULT) ont déjà apporté à cette science une contribution importante. La création du laboratoire d'études hydrobiologiques d'Aix-les-Bains, où seront accueillis des chercheurs français et étrangers, permettra d'amplifier des études qui, bien que germées chez nous, sont encore moins poussées qu'à l'étranger.

**

La *limnologie*, science appliquée, fait appel à l'*hydrologie* qui étudie les propriétés physico-chimiques et mécaniques de l'eau et qui, elle-même, touche à la météorologie, à la topographie et surtout à la géologie. Mais, l'eau étant un milieu vivant, la limnologie puise dans l'*hydrobiologie* la connaissance de la flore et de la faune aquatiques différentes, dans leurs adaptations, du monde terrestre : elle étudie les espèces, puis les associations que ces espèces forment. De ces emprunts aux sciences physico-chimiques et naturelles, la limnologie — et c'est son domaine propre — essaie d'expliquer la vie d'ensemble des eaux douces, des espèces et des associations dans leurs transformations incessantes ; celles-ci, par leurs réunions, forment un type biologique d'étang et de lac, comme les cellules vivantes, par leur association, font les organes qui, réunis, deviennent un animal ou une plante.

La limnologie est donc la science de l'eau douce comme l'agronomie est la science du sol arable ; de même que l'agriculture découle de l'agronomie, la *limnologie appliquée* recherche, à partir des données de la théorie, l'utilisation la plus rationnelle des eaux douces. Elle est une branche de l'*aquiculture* : on voit donc toute l'importance pratique des études que nous allons esquisser, et dont les rapports réciproques peuvent se schématiser ainsi :

Ce sera le plan que nous essayerons de suivre dans ces quelques pages d'initiation ; nous étudierons d'abord l'origine et la nature des eaux lacustres, les propriétés physico-chimiques de ces eaux ; nous ne dirons rien sur les caractères de l'espèce vivante d'eau douce qui sont du domaine purement biologique ; mais nous insisterons plus longuement sur les associations (1) et surtout sur le plancton, si important au point de vue piscicole ; cela nous amènera à considérer les différentes parties d'un lac, puis les différents types biologiques des lacs et les transformations qui s'opèrent en eux.

I. — *Origine et nature des eaux lacustres.*

L'*origine des lacs* est expliquée par la géologie ; tout dernièrement (1925) COLLET distingue l'érosion glaciaire (lacs d'Annecy et du Bourget), les barrages naturels (lac de Montriond), les cratères (lac Pavin), les actions tectoniques (fractures) (lac de Joux), les phénomènes de dissolution dans le calcaire (lacs karstiques), les poches glaciaires (Tête-Rousse), les dépressions coupant une nappe aquifère (lacs de Gêronde, Valais).

Les *étangs* sont dus surtout à un manque de déclivité du sol (Dombes, Sologne) que l'action de l'homme a plus ou moins modifié pour en tirer profit.

Les circonstances géographiques ont créé des types de lac : c'est ainsi qu'on distingue les *lacs subalpins*, sur la ceinture des massifs alpins, à une altitude relativement faible, et d'une profondeur considérable (lacs Léman, d'Annecy, du Bourget, en France) ; les *lacs alpins*, haut perchés (lac de la Girotte, Savoie) ; les lacs des Vosges, du Jura, de l'Eifel ; les *lacs baltiques*, vastes, peu élevés et peu profonds, etc., etc.

Chacun de ces lacs a en général un ou plusieurs affluents ; le trop-plein de leurs eaux est évacué par un, quelquefois deux émissaires (lac de Mon-

(1) J. Roy n'admet pas la présence, en limnologie, d'associations animales, de biocénoses, comme l'a fait en botanique l'école phylo-sociologique ; il y aurait seulement des groupements. Cette manière de voir, contraire à celle de l'école allemande de THIENEMANN-LENZ, paraît un peu absolue dans l'état actuel de nos connaissances limnologiques.

triond). Cet apport d'eau, et, lorsque le courant est rapide, d'alluvions parfois considérables, crée une perturbation dans le lac ; il en résulte des variations de niveau qu'étudie la *limnimétrie*, la formation de deltas et le comblement progressif des lacs. Il en est de même des phénomènes d'érosion et de sédimentation qui, à chaque instant, modifient l'état de l'eau close.

La nature des sédiments, l'état des berges, ont une grosse influence sur le peuplement piscicole ; ainsi l'Ombre-Chevalier recherche pour frayer des cailloux anguleux bien lavés par des sources souterraines, des affluents ou des courants.

II. — Propriétés physico-chimiques des eaux lacustres.

Une eau lacustre est soumise à l'action physique de la température, à l'action mécanique du vent et des courants, à l'action chimique des substances dissoutes. Ces actions ont une importance capitale pour la vie biologique des eaux et notamment pour la production piscicole.

La *thermique* d'un lac repose sur la notion du maximum de densité de l'eau, qui, on le rappelle, est atteint pour une température de 4° C. Les eaux à une température inférieure (refroidissement) ou supérieure (réchauffement) à 4° ont donc, les unes et les autres, même tendance à monter ; d'où deux sortes de stratifications thermiques possibles : la stratification thermique directe où la température du lac est tout entière supérieure à 4° , la stratification thermique inverse dans le cas contraire (Fig. 50).

FIG. 50. — Stratifications thermiques.

A gauche, stratification directe ; — A droite, stratification inverse.

Dans les lacs dits *tropicaux*, la température est toujours supérieure à 4° (stratification directe) : l'eau se stratifie thermiquement de la fin de l'hiver à la fin de l'été ; elle s'uniformise depuis la fin de l'été, pendant tout l'automne jusqu'à la fin de l'hiver. Les lacs de Genève, du Bourget et d'Annecy appartiennent à ce type, dont les variations thermiques peuvent se schématiser comme il est indiqué ci-contre (Fig. 51).

Dans les lacs dits *tempérés*, la température des couches profondes varie soit au-dessus, soit au-dessous de 4° ; l'eau se stratifie en été et en hiver ; elle s'uniformise au printemps et à l'automne ; les variations de température sont également figurées ci-contre.

Le lac de Sylans, les lacs alpins français (Montriond, par exemple), le lac de Morat, en Suisse, appartiennent à ce type.

FIG. 51. — Courbes de température de divers lacs.

Dans les lacs dits *polaire*s, la température de l'eau reste toujours inférieure à 4° ; la stratification thermique, toujours inverse, s'établit l'automne et durant tout l'hiver ; les variations sont représentées ci-dessus (Fig. 51).

Aucun de nos lacs n'appartient à ce type.

L'été, dans les lacs *tropicaux*, et souvent dans les lacs *tempérés*, l'eau se

répartit en deux couches : l'une, supérieure, chaude ; l'autre inférieure, à température toujours basse ; entre ces deux régions, il existe une zone intermédiaire, d'épaisseur variable, souvent même réduite à quelques mètres, où la température s'abaisse rapidement et que, pour cette raison, on appelle *couche du saut*, *métalimnion* ou *thermocline*.

L'existence de ces deux zones de température différente, dans un même lac, a une certaine importance piscicole : elle permet de poursuivre l'élevage parallèle des Salmonidés dans les fonds frais et des Cyprinidés dans les zones supérieures (lacs de Nantua, de Genève).

Les variations thermiques annuelles influent aussi sur les migrations de certains poissons, tels les Corégones : le lac de Neuchâtel, après l'hiver très rigoureux 1928-1929, ne put se réchauffer suffisamment pour reprendre, l'été suivant, la température normale : les « Bondelles » durent se tenir hors de leur habitat, et les pêcheurs, pour en capturer, furent obligés à tendre leurs filets non à 80 mètres, mais à 30 mètres, nouvelle situation de l'isotherme de 8° (G. MAUVAIS).

Enfin il est inutile de rappeler l'influence de la température sur la période de fraye du poisson et sur la vie végétale et animale tout entière.

Les *courants*, qui existent toujours dans les grands lacs, ont aussi leur importance : dus surtout à la température qui modifie la densité de l'eau et aux vents qui la brassent, ils peuvent atteindre 18 mètres à la minute (lac Léman). Le déplacement d'eau superficielle est compensé par un courant de retour, en sens inverse, dans les zones profondes.

C'est aux courants qu'est dû, en grande partie, le fait capital de la richesse du fond des grands lacs en oxygène, ce qui permet aux Salmonidés de vivre, même dans les grandes profondeurs. Ce sont aussi les courants qui agissent sur les filets de pêche non ancrés et qui les entraînent parfois fort loin, causant ainsi des incidents diplomatiques dans des eaux frontalières. Malheureusement l'étude de la direction et de la périodicité des courants est rendue très difficile par suite des actions non simultanées de la température et du vent auxquelles viennent s'adjoindre d'autres facteurs, comme l'influence perturbatrice des limons alluvionnaires des affluents (FOREL). KREITMANN a cependant essayé d'en donner un schéma intéressant pour les eaux françaises du Léman.

La *couleur* propre de l'eau est bleue, car ce sont seulement les zones les plus réfrangibles du spectre qui impressionnent notre rétine ; les teintes vertes, jaunes, brunes de certaines eaux ne sont donc qu'une altération, soit d'ordre physique (diffraction de la lumière sur des particules en suspension, par exemple), soit d'ordre chimique (dissolution des matières humiques).

On évalue la couleur d'une eau au moyen d'une échelle de teintes allant du bleu (N° I) au brun (N° XXI) qui constitue la gamme de FOREL-ULE.

En général, chaque lac a une couleur propre, bien qu'il puisse y avoir

quelques légères variations au cours de l'année. Ainsi le lac d'Annecy a le numéro III, celui de Nantua le numéro XI ; les étangs riches en humus peuvent avoir des numéros compris entre XV et XX ; les tout derniers numéros de l'échelle n'ont jamais été rencontrés dans la nature.

D'après ce que nous avons vu, connaître la couleur d'une eau close a un intérêt, car on en peut déduire une première approximation de la composition chimique et biologique de l'eau.

Il en est de même de la *transparence* qui dépend de la richesse de l'eau en matières humiques et solides en suspension et aussi en plancton ; comme celui-ci varie avec la saison, on observe, dans chaque lac ou étang, une courbe de transparence annuelle, qui, par exemple, dans le lac de Lispach (Vosges), étudié par HUBAULT, oscille entre 2 m. 7 (Octobre) et 3 m. 8 (Mai) ; dans le Montiglersee, les variations sont encore plus accentuées.

FIG. 52. — Rapport entre la végétation littorale et la transparence.

(D'après THIENEMANN).

Comme chacun sait que l'assimilation chlorophyllienne des végétaux ne peut se faire qu'à la lumière, la transparence d'une eau lacustre donne une indication précieuse sur la profondeur à laquelle descendent les végétaux dans le milieu étudié (Fig. 52).

On évalue la transparence d'une eau au moyen du disque de SECCHI, cercle blanc que l'on immerge jusqu'à disparition.

Si l'état physique de l'eau donne une idée de sa composition, seule

l'analyse chimique permet d'y déceler les nombreux corps qu'elle contient en dissolution : matières minérales, matières organiques et gaz.

Les *matières minérales* dissoutes dans l'eau sont ordinairement combinées sous forme de *sels* (carbonates, sulfates, phosphates, chlorures, iodures, silicates) des bases suivantes : chaux, alumine et fer, magnésie, manganèse, potasse et soude. Elles sont conductrices de l'électricité : ce sont des *électrolytes*.

On peut les doser *globalement* par l'*interféromètre à eau* qui utilise la réfringence de ce liquide, fonction de la quantité d'électrolytes qu'il contient, et qui peut s'exprimer en degrés par rapport à la réfringence de l'eau distillée pure. Dans le lac de Lispach, pauvre en électrolytes, HUBAULT trouve en général un maximum dans le fond à 10 mètres (15,7 degrés interférométriques), un minimum en surface (3,7 degrés interférométriques). Ces variations dans une même eau sont intéressantes à connaître, car elles ont une influence considérable sur le phytoplancton.

Les substances minérales ne sont pas réparties de la même façon dans toutes les eaux lacustres; elles dépendent de la nature géologique des bassins d'alimentation : ainsi les lacs de Neuchâtel, Lugano, Zurich sont riches en carbonates, le Léman et le Bodan, en sulfates ; les lacs Majeur et de Côme en silicates.

Toutes les matières minérales n'ont pas la même importance biologique : ainsi la *silice* et le *phosphore* solubles sont les deux éléments fondamentaux de la productivité d'une eau close.

La *silice* soluble peut se doser, grâce à la remarque suivante : une eau acidulée donne avec le molybdate d'ammoniaque une teinte jaune dont l'intensité varie avec la quantité de silice dissoute ; il suffit de comparer par le *photomètre différentiel* cette teinte avec une *couleur-étalon* correspondant à de l'eau absolument pure.

Le *phosphore* soluble se dose d'une façon analogue : une eau acidulée traitée par le molybdate d'ammoniaque et le chlorure stanneux donne une teinte bleue proportionnelle à la teneur en phosphore dissous et qui s'apprécie au *photomètre différentiel* par comparaison avec une couleur-étalon correspondant à l'eau pure. Certaines eaux ont des fonds très riches en phosphore (80 milligrammes par litre d'eau à Lispach) ; d'autres, comme les lacs subalpins, en sont presque dépourvus (0 mmg. 5 par litre). On sait le rôle important que joue ce corps dans le rendement des étangs à Carpes.

Le *fer*, qu'on peut déceler par le procédé de l'analyse spectrale, a un rôle piscicole moindre, mais très important encore dans le développement des algues dont on sait l'importance pour la nourriture des poissons.

Les *matières organiques* ne sont pas issues des roches, mais des décompositions de la flore et de la faune aquatiques ; elles donnent, comme en agriculture, de l'humus et aussi des composés azotés (« ammoniacques », nitrates, nitrites) et des gaz (hydrogène sulfuré, méthane).

L'*humus*, dont on ignore la composition chimique, peut s'apprécier par

l'analyse spectrale : on sait le rôle capital qu'il joue dans la production des végétaux (algues en particulier).

L'azote combiné a des variations saisonnières comme la production végétale dont il dérive : il joue un rôle important dans le développement des algues : ainsi l'*Oscillatoria rubescens* D. C. qui rend parfois certains lacs couleur de sang, tel celui de Nantua en 1921, ne peut se développer que grâce à une mauvaise décomposition de l'azote organique.

L'azote ammoniacal se dose par la méthode de NESSLER, l'azote nitreux par celle de GRIESS, et l'azote nitrique par les procédés de GRANVAL et LAJOUX ; mais ces dosages colorimétriques commodes sont encore peu précis.

Quant aux gaz dissous dans l'eau, certains, on l'a vu, comme l'hydrogène sulfuré et le méthane, proviennent des matières organiques ; d'autres, comme l'oxygène, sont dus à l'action de l'air atmosphérique et de la lumière qui développe l'assimilation chlorophyllienne ; d'autres enfin, comme le gaz carbonique, sont liés surtout à la composition chimique des eaux (Vichy) et à la respiration des êtres vivants. Alors que l'hydrogène sulfuré et le méthane sont synonymes d'une mauvaise hygiène piscicole, l'oxygène et le gaz carbonique sont des éléments essentiels à la vie.

L'hydrogène sulfuré, dû à des décompositions microbiennes anaérobies, est parfois dans certains lacs extrêmement abondant : COLLET a trouvé dans le lac Ritom, à 30 mètres de fond, un maximum de 31 mmg. par litre. En surface, il est moins abondant, car il est détruit par oxydation ; son cycle peut se schématiser comme il est indiqué ci-dessous (Fig. 53).

FIG. 53. — Schéma du cycle des gaz dans les eaux putrides.

(D'après WASMUND).

Le méthane, appelé aussi gaz des marais, se dégage à l'état pur, sous forme de bulles, dans certains étangs à eaux croupissantes : il suffit de le recueillir dans des éprouvettes et de le doser par les procédés chimiques ordinaires. Ses variations sont exactement opposées à celles de l'oxygène : c'est dire sa nocivité (Fig. 54).

Pour tous les animaux, l'oxygène est nécessaire à la vie ; mais les besoins en sont variables suivant les espèces ; il est donc utile de connaître quelle en est la teneur des eaux lacustres et quelles en sont les variations (Fig. 56 et 57).

L'eau n'en contient pas une quantité infinie ; comme dans tous les phénomènes de dissolution, elle en est saturée pour une température donnée ; plus le liquide est froid, plus il se sature difficilement, ce qui explique pourquoi les eaux fraîches conviennent aux Salmonidés, car elles sont susceptibles de contenir un volume d'oxygène supérieur aux eaux plus chaudes ; ce volume est de : 6,28 cc. pour une température de 20° C., de 8,49 cc. pour une température de 6°. Cependant on observe parfois des eaux contenant une dose anormale d'oxygène ; on dit qu'elles sont *sursaturées*. Ce phénomène, fréquent et assez stable, contrairement aux autres phénomènes de sursaturation, mériterait d'être étudié à nouveau au point de vue chimique.

Fig. 54.
Courbes de l'oxygène et du méthane
dans le fond du lac Mendota (E.-U.).
(BIRGE et JUDAY).

oxygène même dans les zones abyssales, grâce aux courants, aux phénomènes de stratification thermique et à la rareté des fermentations ; c'est pourquoi ces lacs peuvent héberger des Salmonidés de fond, comme l'Omble-Chevalier.

L'oxygène dissous peut se doser facilement par la méthode WINCKLER, basée sur l'absorption de l'oxygène de l'eau par l'hydrate de protoxyde de manganèse qu'on transforme en hydrate de sesquioxyde, dosé ensuite par les procédés de l'analyse volumétrique.

Fig. 55 — Variations de l'oxygène dissous
dans le lac Léman.
(VIVIER).

Fig. 56. — Variations de l'oxygène dissous dans le Grand
lac de Plon.
(D'après THIENEMANN).

La teneur en gaz carbonique libre varie beaucoup, dans les lacs subalpins, avec la saison et la profondeur, mais reste toujours faible (1 à 7 mmg.

par litre). La pauvreté des couches superficielles d'une eau lacustre serait due, d'après AUERBACH, à l'assimilation chlorophyllienne des végétaux du rivage et du plancton. On peut doser le gaz carbonique libre avec une solution titrée de carbonate de soude ; le gaz se fixe en formant du carbonate acide.

L'acidité ou l'alcalinité d'une eau, le pH, a une certaine importance sur la faune et la flore piscicoles, les eaux neutres ou légèrement alcalines étant les meilleures pour l'aquiculture. Les lecteurs du *Bulletin* ont appris comment on pouvait mesurer aisément le pH par le procédé colorimétrique (1). Les lacs subalpins ont un pH oscillant entre 7 et 8 (neutre ou légèrement alcalin) (HAEMPEL) ; dans le lac Léman il varie de 7,8 à 8,4 (KREITMANN) ; dans un lac acide des Vosges, à Lispach, de 5,3 à 6,5 (HUBAULT). Lorsque dans un étang le pH est inférieur à 7, il est nécessaire de le chauler. (A suivre).

CONSULTATIONS TECHNIQUES

3) D. — *Est-il possible et recommandable de recourir au riz pour le nourrissage des Salmonides ? Dans le cas de l'affirmative, comment convient-il de l'utiliser ?* [A. R., à B. (Seine-Inférieure)].

3) R. — Le riz décortiqué contient approximativement, en pour cent : — Eau : 13-14 ; — Protéiques : 6-8 ; — Graisses : 4 ; — Hydrate de carbone : 76-77 ; — Cellulose : 1 ; — Cendres : 0,8. C'est essentiellement un aliment énergétique comme renfermant surtout de l'amidon (hydrate de carbone) que l'organisme assimile seulement après transformation en glucose (2). Cette opération s'effectue dans le tube digestif à la suite d'opérations mécaniques et chimiques.

Pour obtenir un bon rendement, il faut faciliter ces actions par broyage et cuisson.

La réduction en farine est utile parce que les dents des poissons ne servent pas à la mastication, mais à la préhension. En outre, ces animaux n'ont pas de glandes salivaires.

La cuisson solubilise l'amidon qui devient beaucoup plus facilement attaquant par les sucs digestifs. Elle ne risque pas de détruire des vitamines ; le riz n'en contient point.

Le riz n'est pas un aliment complet, il faudra donc lui adjoindre d'autres substances pour assurer aux Salmonides d'élevage les éléments indispensables à leur entretien.

Une alimentation rationnelle doit fournir, outre les sels minéraux et les vitamines, des substances plastiques pour l'accroissement et les réparations de la machine animale, et des substances énergétiques qui en assurent le fonctionnement.

Il n'est pas possible de fixer, *a priori*, l'importance relative des aliments plastiques et énergétiques. Seules l'observation et l'expérimentation donneront, à chaque éleveur, des indications précises sur les proportions à adopter dans les conditions où il opère.

Ainsi, les salmoniculteurs auraient intérêt à procéder à des essais d'alimentation, avec 10 %, 20 %, 40 % de riz cuit broyé, mélangé à la viande fraîche ou au poisson frais, aliments plastiques.

Le riz perlé, contenant peu de cellulose et pas de vitamines, en fournira ces substances sous forme de son, drêches, etc., matières qui, en outre, ont une influence mécanique heureuse sur le fonctionnement du tube digestif. Ici encore, la détermination des doses est affaire de tâtonnement.

Comme conclusion, il est possible d'utiliser le riz en salmoniculture. Ce produit est recommandable dans la mesure où il fournit, à bon compte, aux poissons d'élevage, les aliments énergétiques nécessaires, dont la quantité requise varie avec l'espèce, l'âge, l'activité, la température, etc...

(1) OUDIN : — Conceptions modernes de l'acidité ; le pH, sa mesure, applications ; — n° 32, Février 1931, p. 233 ; — n° 33, Mars 1931, p. 260 ; — n° 34, Avril 1931, p. 300.

(2) Voir *Bulletin* : — n° 59, Mai 1933, p. 338.