

Il semble que, dans l'eau, l'olfaction ne puisse s'exercer. On sait, en effet, que l'on perçoit une odeur lorsque la muqueuse sensorielle adaptée à cette fonction est impressionnée par de fines particules odorantes transportées par l'air. Dans l'eau ces particules doivent le plus souvent se dissoudre, les odeurs deviennent alors des saveurs et l'olfaction ne serait que le complément de la gustation ; le mécanisme de ces deux fonctions serait le même. Cette hypothèse est vraisemblable. Mais, on peut supposer, aussi, que certaines de ces fines particules restent en suspension dans l'eau et, transportées par le courant, viennent au contact de la muqueuse nasale et l'impressionnent comme les particules odorantes transportées par l'air excitent la muqueuse olfactive d'un Vertébré terrestre. Ce n'est là encore qu'une hypothèse, mais vraisemblable aussi.

Les différentes fonctions sensorielles que l'on reconnaît à la majorité des Vertébrés existent donc chez les Poissons. Dans deux articles précédents, parus ici même, nous avons parlé de leur sens visuel et vibratoire. Mais, il ne faudrait point croire que ces diverses fonctions s'exercent toutes avec la même intensité, que leur développement chez un même individu est harmonieux. De même telle fonction déterminée ne domine pas forcément les autres chez tous les représentants du groupe. Il serait faux de dire que le comportement des Poissons est dominé par leur sens visuel, ou vibratoire, ou gustatif. Cela est exact pour certains, inexact pour d'autres. C'est ainsi que le sens de la vue prédomine chez la Truite, qu'il est à peu près nul chez le Poisson-chat, dont le comportement paraît guidé par les excitations gustatives. Ainsi, chaque groupe, souvent même, dans un groupe, chaque espèce a ses réactions particulières. Cette diversité de comportement montre tout l'intérêt de l'étude éthologique de la classe des Poissons, intérêt au point de vue de la biologie et de la psychologie comparée et aussi, dans un domaine plus pratique, au point de vue de leur chasse et de leur pêche.

---

---

## CONCEPTIONS MODERNES DE L'ACIDITÉ LE PH - SA MESURE - APPLICATIONS

Par M. OUDIN

Inspecteur principal des Eaux et Forêts, Chef de la 1<sup>re</sup> Section  
de la Station de Recherches et d'Expériences de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts

(Fin)

---

### APPLICATIONS

*Acidité ionique et acidité totale.* — Avant de passer à l'examen de quelques-unes des nombreuses applications de ce nouvel instrument de travail que constitue l'étude du PH, je voudrais essayer de caractériser, en quelques mots, les différences fondamentales entre la notion nouvelle : l'acidité définie par la

concentration des ions hydrogènes qu'on appelle souvent acidité actuelle, réelle ou encore acidité ionique; et la notion ancienne : l'acidité totale définie par la méthode des titrations. Les deux notions se complètent, mais elles sont profondément différentes.

L'acidité totale se détermine par un titrage : par exemple, pour doser un acide, on détermine au moyen d'un indicateur coloré, convenablement choisi, le nombre de centimètres cubes d'une solution basique de titre connu, par exemple une solution de soude, qu'il faut ajouter à un volume connu de la solution acide pour la neutraliser exactement. On effectue ainsi une réaction totale irréversible, qui porte sur la solution toute entière. L'acidité ionique, je l'ai longuement expliqué, au contraire, ne tient compte que des molécules dissociées en ions, c'est-à-dire des molécules actives. A tout instant, la solution contient des ions provenant de la dissociation de l'électrolyte et des molécules non dissociées, susceptibles de se dissocier à leur tour si l'équilibre ionique est rompu par une intervention extérieure quelconque, mais qui, tant que dure cet équilibre, restent en quelque sorte en réserve. Ainsi donc, la ionimétrie fait une discrimination, une sélection entre les molécules ; la titrimétrie totalise tout : les ions et les molécules entières. L'ionimétrie permet de suivre pas à pas les changements d'équilibre ; la titrimétrie donne une réaction globale sans tenir compte de la force des acides ou des bases qui entrent en jeu : elle met en action, elle mobilise, en quelque sorte, la totalité des molécules.

Pour reprendre une comparaison assez imagée donnée par M. LEGENDRE dans son livre sur le PH de l'eau de mer, la titrimétrie serait en quelque sorte, dans la nation armée, comme la statistique globale de tous les hommes mobilisables : ce serait un état numérique total des combattants mobilisés ou mobilisables. L'ionimétrie, au contraire, dénombre seulement les forces en action. Les ions, ce sont les combattants. Les molécules inactives, non dissociées, jouent le rôle des réserves qui alimenteront la ligne de feu, à mesure qu'elle se dégarnira. En définitive, l'ionimétrie est une mesure d'activité, la titrimétrie une mesure de quantité. On conçoit donc l'intérêt que présente cette méthode nouvelle, et il était naturel qu'elle suscitât dans toutes les branches de l'activité scientifique de très nombreux travaux. Pour les biologistes, en particulier, elle présente cet avantage considérable de se rapprocher des conditions de l'assimilation : en fait, à l'heure actuelle on trouve le PH partout. Je serais même tenté de penser qu'on en a quelque peu abusé.

*Aperçu sur quelques applications de la notion de PH.* — Je laisserai de côté les questions de chimie pure et, par quelques très schématiques aperçus dans divers domaines, j'essaierai de montrer l'importance du PH

*En médecine,* l'équilibre acide-base du sang joue un rôle important (je n'y ferai qu'une discrète allusion). Le PH sanguin à 18° est compris entre 7,3 et 7,4 ; un PH inférieur à 7,3 caractérise l'acidose, un PH supérieur à 7,4 définit l'alcalose. Par exemple, les migraineux sont le plus souvent en état d'alcalose.

Certaines affections cutanées comme l'eczéma, l'urticaire, s'accompagnent le plus souvent d'un PH bas. Les diabétiques sont le plus souvent en état d'acidose accentuée, etc... Bref, la détermination du PH sanguin est devenue pour le traitement de certaines affections une donnée fort utile.

*En bactériologie,* la détermination du PH des milieux de cultures est indispensable. Les espèces microbiennes ne se développent que dans des limites de PH

déterminées, et présentent un PH optimum assez bien défini, généralement voisin de la neutralité; les variations sont d'ailleurs assez grandes d'une espèce à l'autre.

Exemples :

Streptocoque.....	PH limites 5,5-8,0	PH optimum 6,2-7,0
Bacille d'Eberth.....	— 6,2-7,6	— 6,8-7,2
Bacilles paratyphiques A et B..	— 4,5-7,8	— 6,4-7,0

Dans bien des industries et en particulier dans les industries de fermentation, le PH prend une importance croissante. Je citerai, par exemple, la brasserie, la distillerie, la sucrerie, etc... même la boulangerie. Exemple : la farine fraîche a un PH de 6,1; lorsqu'on la laisse reposer quelque temps, son PH tombe à 5,8 : elle est alors meilleure au point de vue panification.

### APPLICATION A LA PISCICULTURE

*Prises d'échantillons.* — Le PH d'un cours d'eau, d'un étang, est sujet à bien des fluctuations. Il peut varier non seulement avec l'endroit considéré, sa distance aux rives, sa profondeur, mais encore avec la saison, l'heure de la journée. Pour que les résultats soient comparables, il est donc nécessaire d'opérer les prélèvements dans des conditions aussi identiques que possible, toujours aux mêmes endroits, à la même profondeur, à la même heure.

*Détermination pratique.* — La détermination colorimétrique du PH des eaux ne soulève aucune difficulté. Dans la pratique courante, sa précision sera le plus souvent suffisante.

La détermination électrométrique exige quelques précautions, dues à la présence d'acide carbonique dissous en équilibre avec des carbonates et des bicarbonates. Le barbotage d'hydrogène entraînerait l'acide carbonique, modifierait l'équilibre. Il faut donc y renoncer et opérer en atmosphère d'hydrogène, dans un espace clos; on utilisera par exemple l'électrode à hydrogène du D<sup>r</sup> VERAÏN ou une électrode à quinhydrone.

*Aperçu de quelques résultats.* — *Limites pratiques du PH des eaux naturelles.* — Le PH des eaux douces naturelles, abstraction faite de quelques sources fortement minéralisées, varie entre 3,5 et 9,7. Les chiffres extrêmes sont, en fait, très rares en France et dans la pratique courante, les eaux utilisées en pisciculture ont un PH compris entre 5,5 et 8,0 environ.

La notion de PH a été depuis une quinzaine d'années très largement utilisée, surtout à l'étranger, dans toutes les branches de l'hydrobiologie. De nombreux auteurs traitant des sujets très divers se sont préoccupés du PH de leurs milieux, et ont montré l'importance de ces déterminations. Leurs travaux sont disséminés dans les revues ou dans quelques ouvrages spéciaux. Si, pour l'eau de mer, le livre de M. LEGENDRE constitue une synthèse fort intéressante et très documentée à laquelle je ferai dans les lignes qui suivent de nombreux emprunts, il n'existe, à ma connaissance, aucun ouvrage donnant une vue d'ensemble sur le PH des eaux douces et ses applications à la pisciculture. Il faut d'ailleurs reconnaître qu'un tel travail serait, dans l'état actuel de mes connaissances, singulièrement délicat. Je me bornerai ici à donner quelques aperçus. La pisciculture n'est pas ma spécialité, d'autres auraient été beaucoup mieux qualifiés que moi pour présenter ce schématique exposé.

*Importance du PH pour la définition d'un milieu.* — Le PH est considéré,

actuellement, à juste titre, comme un des éléments qui contribuent à définir un milieu. Bien des facteurs doivent être notés ; ils sont d'ailleurs loin d'avoir tous la même importance et peuvent, certains du moins, réagir les uns sur les autres : associations animales et végétales, quantité de gaz dissous dans l'eau (oxygène, acide carbonique...), acidité ou alcalinité totale, nature et concentration des diverses substances existant en solution dans l'eau (carbonates, bicarbonates, phosphates, nitrates, nitrites...), température, lumière, transparence de l'eau, nature des fonds, etc... La science moderne ajoute : le PH.

*PH limites - PH optimum.* — Bien qu'aucun travail d'ensemble n'ait été présenté sur la question, il semble que tout individu, végétal ou animal, ne peut se développer que dans des limites de PH déterminées. Les différentes espèces, les différentes races présentent à ce sujet des accommodations plus ou moins grandes, mais d'une façon générale, on peut, semble-t-il, poser en principe qu'il existe pour tout être vivant, animal ou végétal, une zone de PH optimum et des PH limites, en-deçà et au-delà desquels son développement devient impossible ou difficile, à tel point qu'on a proposé de classer les organismes en deux grands groupes : eury et sténo-acidoactifs (SKADOWSKY), eury et sténo-ioniques (LEGENBRE), suivant qu'ils sont capables de vivre dans des limites de PH plus ou moins étroites.

En ce qui concerne les Poissons, mettons d'abord à part les migrateurs. Leur tolérance aux variations de PH paraît assez faible. On a même cherché à expliquer par les variations locales du PH et la recherche d'un PH optimum les migrations de certaines espèces : du Hareng (POWERS, 1921), du Saumon, de l'Alose, de l'Anguille.

Les espèces sédentaires, au contraire, semblent avoir une faculté d'accommodation assez grande. Voici à cet égard quelques chiffres :

La Carpe meurt au bout de quelques heures dans une eau de PH voisin de 4,8. En comparant différentes espèces de Carpes entre elles, on a constaté que la Carpe cuir est plus sensible à l'acidité que la Carpe miroir, la Carpe à écailles serait la plus résistante des trois. La Truite exige un PH plus élevé que la Carpe. Le Brochet, la Tanche supportent des PH inférieurs à 4,8. L'Épinoche meurt au bout de quelques heures dans une eau de PH = 3,9 (SCHAPERCLAUSS 1926).

En pratique, les PH inférieurs à 5,5 étant peu fréquents en France, la question de la limite de tolérance ne se pose guère chez nous pour la plupart des Poissons.

Mais il en est autrement pour beaucoup des êtres vivants qui peuplent les eaux naturelles. SKADOWSKY étudiant l'action du PH et celle de certaines actions sur les Infusoires, les groupes en 2 classes : acidophiles dont l'optimum est une légère acidité, alcalophiles dont l'optimum est au contraire en milieu alcalin. Certains ions notamment Ca, Mg, augmentent la capacité de résistance de l'animal et lui permettent de vivre dans un milieu de faible PH.

Le menu plancton qui joue un rôle prépondérant dans la productivité des étangs se développe surtout dans les eaux légèrement alcalines (PH voisin de 8). Le propriétaire d'un étang a donc un gros intérêt à surveiller la réaction de ses eaux et à y apporter les amendements nécessaires.

*Influence du PH sur le développement et la vie des organismes.* — Sans entrer dans les détails, voici à titre d'indication, quelques exemples. Le PH exerce une influence sur le mouvement de certains organismes. En eau salée, BETHE (1909) a constaté que les mouvements rythmiques des Méduses *Rhyzostoma* deviennent

plus rapides quand le PH passe de 8 à 6, ils diminuent quand le PH s'abaisse à 5 ou s'élève à 9.

En eau douce, J. LOEB (1904) a constaté que les *Gammarus* et les Cyclopes, négativement héliotropiques, sont attirés par la lumière quand on abaisse légèrement le PH par introduction d'acide chlorhydrique, oxalique ou carbonique. L'acide borique dont la dissociation est extrêmement faible n'a pas d'action. Ces Crustacés, devenus positivement héliotropiques par acidification du milieu, fuient la lumière si on ajoute un peu de soude.

Les ions H<sup>+</sup> augmentent les battements du cœur, expériences de Mc LENDON (1916) sur un mollusque d'eau salée *Strombus*, ou du vaisseau dorsal, expériences de SKADOWSKY (1922) sur des larves d'eau douce appartenant au genre *Chironomus*.

On a étudié l'influence du PH, des différents cations sur la mobilité des spermatozoïdes, la durée de leur existence. Je citerai en particulier les expériences de SCHEURING et de GASCHOTT sur les spermatozoïdes des Truites. L'alcalinité favorise la mobilité, la durée de vie des spermatozoïdes et par conséquent, le nombre des œufs fécondés. Certains ions comme les ions K<sup>+</sup> ont une influence nocive.

Des recherches ont été faites également sur les œufs fécondés. Une légère augmentation du PH favorise la division des cellules; suivant les limites de PH réalisées par l'expérimentateur, on retarde ou on arrête l'évolution. Si l'acidification n'a pas été trop intense ni trop prolongée, la division cellulaire peut reprendre par alcalinisation.

Ces expériences sont extrêmement délicates, car en même temps que les ions H<sup>+</sup>, l'expérimentateur introduit d'autres ions qui, eux aussi, peuvent influencer sur le phénomène étudié.

Dans quelles mesures ces observations peuvent-elles être généralisées? Elles montrent en tous cas l'influence énorme du PH sur le processus de la fécondation et le développement des œufs.

*Variations du PH.* — Le PH en un même lieu subit des variations diurnes et des variations saisonnières. Ces variations sont liées à la teneur de l'eau en oxygène et en gaz carbonique. Leurs principales causes résident dans l'assimilation chlorophyllienne des plantes aquatiques. Sous l'influence de la lumière solaire, les plantes absorbent le gaz carbonique dissous dans l'eau. Les bicarbonates dissous, et le plus abondant de beaucoup est le bicarbonate de chaux, se dissocient partiellement pour donner du gaz carbonique et des carbonates. Le carbonate de chaux peu soluble (l'eau pure dissout 13 milligr. environ seulement par litre à 15°), se dépose.

L'expérience montre que, quand la photosynthèse est intense, le PH atteint lui aussi son maximum, par suite de la disparition d'une partie de l'acide carbonique. Quand l'action de la photosynthèse diminue, la quantité d'acide carbonique produit par la respiration de tous les êtres vivants habitant le milieu considéré par la décomposition des matières organiques devient supérieur à la quantité absorbée par l'assimilation chlorophyllienne, le PH décroît. Ces variations du PH peuvent être de l'ordre de grandeur d'une unité.

## CONCLUSIONS

La notion de PH est devenue une notion courante. Peut-être certains auteurs ont-ils, il y a quelques années, exagéré son importance. Il est cependant

incontestable qu'au point de vue scientifique, en chimie physique, en biologie, elle a éclairé un grand nombre de questions d'un jour nouveau, ouvert des horizons, éclairé bien des points jusqu'alors obscurs. Le praticien, lui aussi, a intérêt à la connaître et à l'utiliser. Le carpiculteur, en particulier, trouvera dans la détermination colorimétrique du PH de l'eau une méthode simple et pratique pour suivre la décalcification de son étang et pour la combattre judicieusement en effectuant, dans la mesure convenable, les amendements calcaires nécessaires.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BOURION. — Cours de Chimie physique de la Faculté des Sciences de Nancy.
- GASCHOTT (Otto). — *Beiträge zur Reizphysiologie des Forellenspermas* (Archiv für Hydrobiologie, Stuttgart, 1925).
- LEGENBRE. — La Concentration en ions hydrogène de l'eau de mer, Le PH (Les Presses Universitaires de France, Paris, 1925).
- MICHAELIS. — Manuel de techniques de Physico-Chimie (Masson, Paris, 1925. Traduction Chabanier et Lobo Onell).
- MINDER (L.). — *Ueber biogene Entkalkung im Zürichsee*. (Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie. Stuttgart, 1923).
- POWERS (E. B.), 1921. — *Experiments and observations on the behavior of marine Fishes toward the Hydrogen-Ion Concentration of the sea-water, in relation to their migratory movements and habitat*. (Ibid., vol. III, pp. 1-22).
- ROULE. — Compte-rendu des séances de l'Académie d'Agriculture de France, XVI. 32, 1930.
- SCHAPERCLAUS. — *Karpfenerkrankungen durch saures Wasser in Heide und Moor-gegenden* (Zeitschrift für Fischerei, XXIV, 1926).
- SCHAPERCLAUS. — *Die örtlichen Schwankungen der Alkalinität und des PH, ihre Ursachen, ihre Beziehungen zueinander und ihre Bedeutung*. (Zeitschrift für Fischerei, XXIV, 1926).
- SKADOWSKY (S. W.). — *Hydrophysiologische und hydrobiologische Beobachtungen über die Bedeutung der Reaktion des Mediums für die Süßwasserorganismen*. (Verhandlungen der internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, Kiel, 1922).
- VERAIN ET CHAUMETTE. — Le PH en Biologie. (Masson, Paris, 1928).
- VÈZES. — Leçon de Chimie physique. (Vuibert, Paris, 1927).
- WIEBE (A. H.). — *Investigations on plancton production in fish ponds*. (Bulletin of the Bureau of Fisheries, XLVI, 1930, Washington, Government printing Office).
- WUNDER (W.). — Méthode pratique et très précise permettant aux carpiculteurs de déterminer le degré d'acidité de leurs étangs. (*Bulletin français de pisciculture*, n° 21, 1930. — Imprimerie du Loiret, Orléans).
-