



HAL
open science

Les typologies et les problèmes d'aménagement en géographie limnologique : limnologie appliquée et géographie sociale

Laurent Touchart

► To cite this version:

Laurent Touchart. Les typologies et les problèmes d'aménagement en géographie limnologique : limnologie appliquée et géographie sociale. Laurent Touchart. Limnologie physique et dynamique, une géographie des lacs et des étangs, L'Harmattan, pp.290-332, 2002, 9782747534635. hal-04179107

HAL Id: hal-04179107

<https://hal.science/hal-04179107>

Submitted on 9 Aug 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Touchart L. (2002) « Les typologies et les problèmes d'aménagement en géographie limnologique : limnologie appliquée et géographie sociale » in *Limnologie physique et dynamique, une géographie des lacs et des étangs*. Paris, L'Harmattan, 395 p. (ISBN 2-7475-3463-4) : pp. 290-332.

Pour HAL :

- mise en page différente de celle de l'éditeur
- ajout d'un résumé et de mots-clefs
- bibliographie de l'ensemble des chapitres de l'ouvrage *Limnologie physique et dynamique, une géographie des lacs et des étangs*.

Touchart L. (2002) « Les typologies et les problèmes d'aménagement en géographie limnologique : limnologie appliquée et géographie sociale »
in *Limnologie physique et dynamique, une géographie des lacs et des étangs*.
Paris, L'Harmattan, 395 p. : pp. 290-332.

Par Laurent TOUCHART

Résumé :

Cette partie d'ouvrage s'articule en trois temps, d'abord un historique de la limnologie physique appliquée, ensuite une présentation des effets de la température de l'eau sur les organismes vivants et la gestion piscicole, enfin une revue des différents procédés de lutte contre les effets négatifs de la stratification thermique. L'ensemble a comme originalité d'être une étude de géographie limnologique, c'est-à-dire fondée d'une part sur la spatialisation des phénomènes (répartition des organismes vivants à l'intérieur du plan d'eau, types d'évacuation de l'eau en fonction de la profondeur, suivi de l'émissaire sur tout son linéaire), d'autre part sur l'articulation entre nature et société, dans le sens des réponses aménagementales à la demande sociale concernant les lacs et les étangs.

La première partie met la limnologie physique appliquée en perspective, en rappelant trois familles d'applications ayant fait travailler les chercheurs depuis plusieurs décennies : (i) l'historique des études pour trouver la meilleure profondeur où puiser de l'eau pour la consommation et lutter contre les méfaits de la stratification thermique sur la qualité de l'eau, (ii) les liens entre la glace lacustre et les transports, (iii) l'utilisation de l'eau pour le refroidissement des centrales nucléaires.

La deuxième partie présente les enjeux sociaux de la limnologie physique, d'abord d'une manière générale, puis en focalisant sur l'exemple des plans d'eau artificiels du Limousin. Les thématiques du tourisme au bord des lacs et des étangs, de l'irrigation, de l'alimentation en eau potable et du refroidissement des centrales thermiques sont abordées rapidement, cependant que l'effet de la température de l'eau sur les organismes vivants et la gestion piscicole est étudié de manière plus approfondie, tant à l'échelle mondiale qu'à celle du Limousin. Après un rappel de l'influence de la température sur la physiologie des organismes aquatiques (intervalle de tolérance, intervalle de normalité thermique, intervalle de reproduction), les liens entre la température de l'eau et la biologie des êtres vivants sont présentés de façon géographique, en insistant sur l'étagement du plancton dans les plans d'eau. La répartition du phytoplancton dépend des alternances entre les moments de stratifications thermiques et ceux de brassage, différemment éprouvées par les algues non mobiles (en particulier les Diatomées, qui n'ont aucun moyen de contrarier leur descente en profondeur et qui sont favorisées par le brassage) et les algues flagellées (comme les Dynophycées et les Chrysophycées), qui souffrent moins de la stratification thermique. Les Cyanobactéries elles aussi profitent des stratifications thermiques les plus stables.

La troisième partie passe en revue les outils et les procédés à la disposition des aménageurs qui veulent lutter contre le risque d'eutrophisation et les effets négatifs de la stratification thermique avec des méthodes de limnologie physique et dynamique. (i) Celles-ci sont discutées dans une perspective géographique plus large, opposant les méthodes de lutte à l'échelle du plan d'eau, dont elles font partie, et celles à l'échelle du bassin versant. Les méthodes limnodynamiques sont d'une part la dilution, d'autre part le soutirage, cependant que les méthodes limnophysiques sont d'une part l'oxygénation par des aérateurs, d'autre part la déstratification. (ii) Une focale est réalisée sur les équipements qui permettent de détruire la stratification thermique, soit par le bas (déstratificateurs à injection d'air), soit par le haut (déstratificateurs à brassage mécanique). Le principe général consiste à profiter de l'oxygénation des eaux superficielles amenées au fond et de l'apport en gaz carbonique, favorable à la photosynthèse, remonté en surface. L'exemple du déstratificateur installé sur la haute Charente dans le lac de Mas Chaban est détaillé, l'auteur ayant directement travaillé à mesurer son fonctionnement. (iii) Dans la plupart des lacs de barrage et des étangs, le moyen le plus facile de mettre à profit la stratification thermique ou d'en diminuer les effets sur les émissaires fluviaux consiste à opérer un choix entre les différents systèmes d'évacuation d'eau à disposition (déversoirs de surface, vannes de fond et de mi-fond, moines). Grâce à la création d'un nouvel indicateur, le coefficient inter-intradiurne amont-aval, il est montré que la principale différence entre les étangs à déversoir et ceux à moine réside dans le fait que ces derniers diminuent toutes les sautes thermiques à courte échelle de temps. L'effet des lacs de barrage et des étangs sur la température des émissaires fluviaux est discuté à travers les types de plans d'eau et la profondeur des prises d'eau, pour déterminer les distances de rétablissement de la qualité de l'eau fluviale.

Mots clefs : géographie limnologique, limnologie appliquée, température de l'eau, lac de barrage, moine d'étang, déstratificateur thermique, distance d'influence des plans d'eau.

Introduction

Les problèmes posés par les propriétés de l'eau des lacs et étangs, ainsi que par les mouvements de leurs eaux doivent être pris en compte dans une gestion raisonnée des milieux aquatiques. La limnologie dynamique a été très tôt appliquée, ne serait-ce que parce que la dénivellation des plans d'eau et les soutirages sont le fondement même de leur utilisation humaine, que ce soit pour les pompes d'eau d'irrigation ou encore pour l'hydroélectricité. Dès 1925, L.W. Collet consacrait le dernier chapitre de son manuel de limnologie aux « lacs du point de vue de l'utilisation de la houille blanche ». Mais ce thème mériterait un ouvrage entier et, pour éviter trop de simplifications abusives, ne sera pas traité sous ce volume. Ce sont donc les aménagements en limnologie physique qui seront ici privilégiés.

A. Une mise en perspective des applications en limnologie physique

En Suisse, où elle est née, et dans le reste de l'Europe, où elle s'est rapidement diffusée, l'étude de la température des lacs a longtemps été une recherche fondamentale, permettant de mieux connaître les rythmes de fonctionnement trophique des plans d'eau. Les Américains des Etats-Unis et les Russes furent les premiers, plusieurs décennies avant les autres, à y voir un intérêt pratique. L'article américain le plus ancien traitant de la température des lacs fut d'ailleurs écrit par un ingénieur de la région de Boston, William Ripley Nichols (1880).

En ce qui concerne les relations entre la température et la qualité physico-chimique de l'eau domestique puisée dans les lacs, c'est l'*American Society of Civil Engineers* (ASCE) qui a toujours dominé la recherche appliquée, que ce soit au XIX^e siècle (Smith, 1884) ou aujourd'hui (Henderson-Sellers, 1982). Plus spécialisée, la *North American Lake Management Society* (NALMS) est née en 1980. Nombre de tables-rondes et de discussions de l'ASCE portèrent très tôt sur la recherche appliquée de la température de l'eau. « Le thème de la température des étangs et des lacs n'a pas seulement un intérêt scientifique, mais il est aussi d'une grande importance pratique que les ingénieurs qui travaillent en relation avec les problèmes de l'eau soient familiarisés aux changements saisonniers de température » (Stearns, 1895, p. 112, en anglais). La NALMS a, plus récemment, suivi le même chemin (Cooke *et al.*, 1993) et publie, depuis 1985, la revue *Lake and Reservoir Management*.

Historiquement, la première préoccupation semble avoir été de trouver le niveau le plus approprié aux prises d'eau domestique. Chez Hamilton Smith Junior, qui travaillait en liaison avec la *North Bloomfield Company*, les critères de choix étaient directement thermiques. Il préconisait le soutirage d'eaux profondes, qui avaient l'avantage d'être suffisamment fraîches en été pour donner une eau de boisson agréable. Smith (1884) ajoutait que, dans ces lacs de barrage californiens, l'eau profonde était de 5 à 7 °F plus chaude que l'eau fluviale au cœur de l'hiver. Les canalisations à ciel ouvert pouvaient ainsi fonctionner pendant l'ensemble de la saison froide, tandis que celles qui puisaient l'eau fluviale étaient obstruées à chaque tempête de neige. A l'occasion du projet de construction d'un nouveau barrage, le chercheur américain, qui avait travaillé jusqu'alors sur des émissaires puisant l'eau à des profondeurs comprises entre 50 et 90 pieds, était persuadé qu'à 170 pieds (environ 52 m), la température estivale serait beaucoup plus froide qu'en surface. Mais ses collègues n'étaient pas convaincus par cette hypothèse¹.

Une dizaine d'années plus tard, les connaissances théoriques ayant progressé grâce à la recherche fondamentale effectuée par les Européens, le principe de la stratification thermique avait été reconnu et affiné. Celle-ci, appelée stagnation par les Américains, posait des problèmes appliqués concernant la qualité physico-chimique des eaux puisées en profondeur. La principale question allait donc être de minimiser les effets de la structure thermique lacustre sur la composition de l'eau, donc ses possibilités d'utilisation. Ce fut l'époque des travaux du *Boston Water Board*, notamment ceux de Desmond Fitzgerald (1895). Le Directeur du Laboratoire *Mt Prospect*, George Whipple, participa aussi à ces recherches appliquées : « Pendant les périodes de stagnation, l'essentiel de la matière en suspension dans l'eau sédimente au fond, où il y a déjà une importante accumulation de matière organique. Celle-ci se décompose, privant les basses couches de tout leur oxygène. La décomposition se produit alors sous l'influence des bactéries anaérobies et l'eau se retrouve chargée des produits de

¹ « En débattant dernièrement de cette question avec quelques ingénieurs et scientifiques, il est apparu un manque d'informations général à ce sujet, mais l'impression qui prévalait était que l'eau serait, en juillet, un rien plus froide à une profondeur de 170 pieds qu'en surface » (Smith, 1884, p. 74, en anglais).

leur décomposition. A la fin de la période de stagnation, les basses couches ont une couleur prononcée et une mauvaise odeur. Au moment du déversement, l'eau souillée est remise en circulation et cet effet se remarque sur toute la colonne d'eau. Ce n'est pas tout. L'eau en circulation fait remonter depuis le fond un certain nombre de micro-organismes qui étaient restés en dormance et les produits de décomposition tendent à se transformer en nutriments qui leur conviennent ; c'est pourquoi les organismes se développent et la qualité de l'eau s'en ressent » (Whipple, 1898, pp. 27-28, en anglais).

Mais il n'était pas facile de résoudre les problèmes posés par les conséquences néfastes de la stratification thermique. Certains proposèrent de ne pas laisser la moindre végétation au fond lors de la mise en eau de nouveaux lacs de barrages. D'autres s'ingénierent à jouer sur les niveaux de la prise d'eau. Peut-être valait-il finalement mieux, au contraire de ce que préconisait jadis Smith, puiser l'eau à proximité de la surface (Stearns, 1895) ? Après avoir tenté de seulement contourner les effets de la stratification thermique, on osa, dans une seconde étape, s'attaquer directement à celle-ci. Quelques premières tentatives de destruction de la stratification thermique lacustre furent sans doute réalisées dès 1907 (Bulson, 1967, Wilkinson, 1979), mais les premiers véritables déstratificateurs artificiels furent mis au point dans les années 1950 (Cooley & Harris, 1954, Koberg & Ford, 1965). A partir de ce moment, des sommes considérables étaient en jeu, non seulement aux Etats-Unis, mais dans tous les pays industriels, affectées à la lutte contre la stabilité thermique des lacs.

C'est que l'eutrophisation devenait, dès l'après-guerre (Hasler, 1947) et pour plusieurs décennies, le sujet le plus brûlant de la recherche en limnologie appliquée. Or la stratification thermique, du fait qu'elle provoque la désoxygénation du fond des lacs, est le paramètre déterminant les relations entre l'eau et le sédiment. Mortimer (1942) avait en effet montré que, en présence d'oxygène, le fer ferrique adsorbe le phosphore. En revanche, à moins de 1 mg/l d'oxygène dissous, le fer ferreux et le phosphore sont en général relâchés dans l'eau.

Bien entendu, les plans d'eau concernés par les équipements de déstratification artificielle sont ceux dont l'utilisation économique vaut la peine, par exemple pour l'eau potable ou la pisciculture. La déstratification thermique n'a d'ailleurs pas forcément que des avantages écologiques et certains effets secondaires peuvent se développer.

Depuis lors, la recherche appliquée concernant la température de l'eau côtoie les études fondamentales. Elle s'attache au fonctionnement interne des lacs dans la lutte contre la stratification thermique (Patterson & Imberger, 1989) ou à l'évolution thermique de l'émissaire en aval des barrages (Williams, 1968). En France, ce dernier thème a donné lieu, depuis déjà plusieurs décennies, à d'importants travaux de modélisation par EDF (Gras & Gilbert, 1987).

Aujourd'hui, les modèles généraux de fonctionnement des écosystèmes lacustres intègrent les simulations thermiques comme facteur majeur, dans un but de gestion et de poursuite des aménagements des retenues d'eau (Salençon & Thébaud, 1997). Dans les ouvrages de référence de limnologie appliquée (Henderson-Sellers, 1984, Cooke *et al.*, 1993, Barroin, 1999), la température de l'eau occupe une place proportionnelle plus importante que dans les manuels de limnologie fondamentale. Il est vrai que le problème de l'eutrophisation, qui est devenu, à partir des années 1960, le principal thème de recherche en limnologie appliquée, voit son évolution et ses effets visibles dépendre en grande partie de la stabilité de la stratification thermique.

Outre les relations entre température et qualité physico-chimique de l'eau domestique, l'autre axe précoce de recherche thermique appliquée fut celui des transports et de la prise en glace. Les Russes en furent les initiateurs, tant en lac (Touchart, 1994, 1998) qu'en cours d'eau (Smith, 1972, citant Bydin, 1938). Ainsi, dans le Baïkal, les bacs brise-glace transportant le Transsibérien entre 1900 et 1905 constituaient un tel enjeu stratégique et économique que les recherches prirent un essor considérable. Elles concernaient, dès la fin du XIX^e siècle, la débâcle et l'embâcle lacustre, les dates de prise en glace et de fonte en fonction de la température de l'eau et les relations entre celle-ci et le microclimat gênant la navigation, sous forme de brouillards (Воейков, 1899, Боткин, 1900, Дриженко, 1908). Ces recherches appliquées se sont poursuivies jusqu'à aujourd'hui, avec une prédilection pour les modèles mathématiques de prévision de l'évolution de la banquise lacustre sur plusieurs jours (Герцекович, Ситникова, 1985, Осипенко, 1980, Сокольников *и сотр.*, 1973, Куимова, 1980, 1985).

Les Américains aussi travaillèrent assez tôt sur la navigation et la prise en glace des Grands Lacs et, en aval de ceux-ci, du Saint-Laurent. La recherche appliquée et son financement comportent parfois quelque ambiguïté. Dingman *et al.* (1968) écrivent que les nombreuses centrales nucléaires de la région, qui réchauffent l'eau de manière sensible, sont favorables à la navigation du Saint-Laurent.

Chez les géographes, les chercheurs en phase avec la demande sociale se sont plutôt penchés sur les températures fluviales (Smith, 1972), mais les liens avec les lacs de barrage situés en amont sont forts (Webb & Walling, 1988, 1996, 1997).

Quant à la géographie française, elle montre son intérêt pour la température de l'eau fluviale par l'intermédiaire des rejets des centrales thermiques. C'est l'enjeu environnemental évoqué par Veyret et Pech (1997, p. 228) dans *L'homme et l'environnement*, mais l'exemple cité à ce propos est anglais. Le mot de lac, qui est mentionné dans une phrase (*ibid.*), concerne le paragraphe traitant de l'eutrophisation. Pour ce qui est de l'ouvrage français faisant le point sur *La géographie appliquée*, il aborde les lacs dans le passage suivant, cité *in extenso*. « Certaines [recherches] s'appliquent à l'étude de l'hydrologie lacustre : on doit rendre aux lacs alpestres leur pureté originelle, ce que les Américains avaient déjà depuis longtemps réussi à faire à Chicago pour le lac Michigan, a été réalisé pour les lacs d'Annecy et du Bourget » (Philipponneau, 1999, p. 155). Ces livres de référence témoignent de l'attention manifeste portée par la géographie française à la recherche appliquée en lac, mais aussi de l'immensité du travail à accomplir par les géographes².

B. Les enjeux de la limnologie physique appliquée

La limnologie physique, dominée par le degré de chaleur de l'eau, se trouve au cœur d'enjeux sociaux de première importance. Il convient d'en brosser succinctement les traits généraux, avant de focaliser l'attention sur un cas concret. L'exemple du Limousin a été choisi, puisque, dans cette région, la température se trouve être le foyer concentrant les plus vives polémiques quant à l'effet des étangs et des lacs sur les cours d'eau (Balabanian & Bouet, 1989, Touchart, 1999e, 2001b). Seuls les lâchers sédimentaires, lors des vidanges, peuvent momentanément lui ravir la place dans le débat, mais ils sont ponctuels, abandonnant de nouveau à la chaleur de l'eau le premier rang de la controverse.

1. LA TEMPERATURE DE L'EAU AU CŒUR DE LA LIMNOLOGIE APPLIQUEE

Représentant pratiquement à elle seule la limnologie physique, la température de l'eau est liée à tous les autres traits de fonctionnement de la machine lacustre et elle en conditionne une bonne part. Sa connaissance est indispensable à tout aménagement raisonné (fig. 61).

a. L'attaque des constructions humaines

La viscosité de l'eau est d'autant plus élevée que la température est froide. Le « coefficient de Poiseuille » (Dussart, 1992, p. 24) diminue fortement avec l'augmentation de la température, perdant déjà la moitié de sa valeur entre 0 et 25°C. A débit égal, une eau froide, plus visqueuse et plus dense, est susceptible de transporter plus de matières en suspension (Straub, 1954, p. 19, Colby *et al.*, 1965, p. 2). A l'inverse, un accroissement de la température de l'eau conduira à augmenter la sédimentation et les phénomènes de dépôts (Parker & Krenkel, p. 19). Il convient d'en tenir compte pour la surveillance des canalisations de pompage de l'eau lacustre.

La baisse de la température de l'eau accroît la solubilité du gaz carbonique. Or une eau chargée en dioxyde de carbone est plus agressive envers le calcaire. La dissolution dépend de la température de l'eau. La vitesse de l'hydrolyse sur les roches cristallines et métamorphiques est directement proportionnelle à la température de l'eau. Selon la loi de Van't Hoff, celle-là est multipliée par 2,5 à chaque fois que celle-ci augmente de 10°C. En fait, l'évolution des enrochements des barrages et l'altération des joints sont en grande partie sous l'emprise de la température des lacs artificiels.

² A propos des lacs, ces ouvrages fondamentaux citent deux auteurs, François Ramade, non géographe, et Jean Loup (1981), dans un article où il synthétise ses propres recherches menées depuis les années 1940.

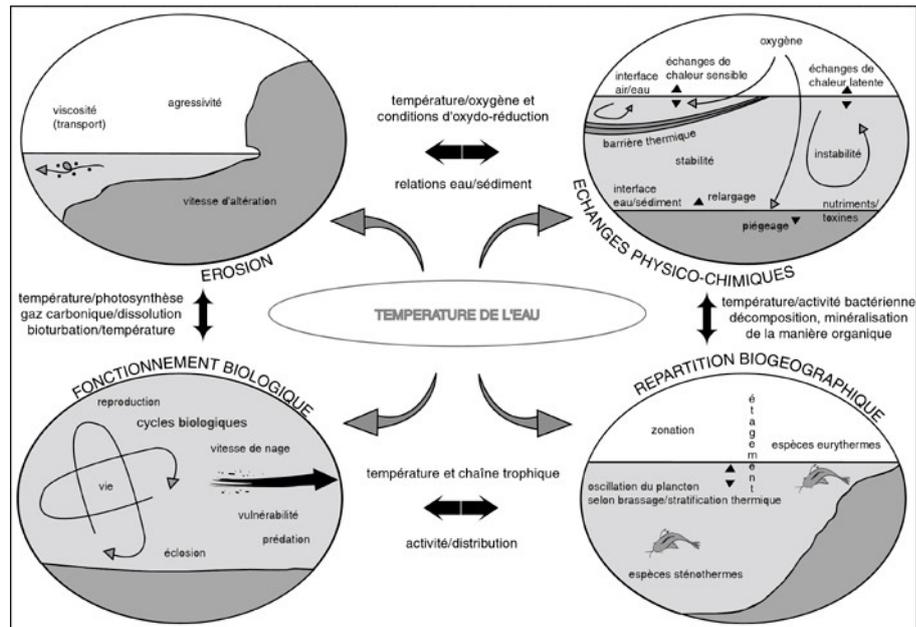


Fig. 61 La température de l'eau, au cœur des problèmes d'aménagement en géographie limnologique
D'après Touchart (2001b)

b. Les effets physico-chimiques et les dégradations anthropiques de la qualité de l'eau

Les effets physico-chimiques sont de deux ordres : d'une part les relations directes entre la température et un certain nombre de phénomènes physiques ou de réactions chimiques, d'autre part l'influence de la stratification thermique sur l'hydrodynamique, donc le blocage des échanges de gaz ou d'éléments chimiques à l'intérieur de l'eau ou entre l'eau et le sédiment.

Parmi les relations directes entre température et physico-chimie, le fait que la baisse de la température augmente la solubilité d'un certain nombre de gaz, comme l'oxygène et l'azote, est sans doute le plus important. La saturation absolue en oxygène dépend avant tout du degré de chaleur de l'eau (tables de Truesdale *et al.*, 1955, Mortimer, 1981) et ce lien a évidemment d'innombrables incidences chimiques et biologiques. On pourrait citer, au milieu de multiples autres exemples, le cas de la fixation de l'azote atmosphérique par des organismes vivants. En plan d'eau, cette possibilité est le fait des Cyanobactéries. Or le phénomène est multiplié par plus de trois à chaque fois que la température de l'eau augmente de 10 °C (Labroue *et al.*, 1995). Les lacs, comme celui de Nantua, où l'Homme cherche à lutter contre cette manifestation, posent donc aussi ce problème en termes de limnologie thermique, et non pas seulement chimique.

Parmi les conséquences indirectes entre température et physico-chimie, l'intermédiaire de l'hydrodynamique est essentiel. Dans les lacs, les différences de température provoquent des différences de densité des masses d'eau, qui se superposent donc les unes aux autres. Cela conduit à une stabilisation de la tranche d'eau et à une impossibilité des échanges verticaux et des mélanges. Les gaz de surface, comme l'oxygène, ne peuvent se répartir en profondeur, les calories restent confinées au sommet de la tranche d'eau, les substances nutritives issues des sédiments de fond ne peuvent remonter vers la surface et être consommées. A l'inverse, l'épaisseur plus ou moins grande d'une couche de même température permet les échanges, facilite les forçages externes, le passage des éléments dissous et des gaz de l'atmosphère à l'eau et de l'eau à l'air. Dans les lacs et les étangs, c'est la température qui est le grand moteur du mouvement ou de l'absence de mouvement vertical de l'eau. Elle détermine donc le fonctionnement trophique de l'ensemble du plan d'eau. Le caractère oxydé ou réduit des sédiments, les échanges entre l'eau et les sédiments, la fixation ou le relargage de nutriments ou de substances toxiques par les particules fines, l'entrée ou non d'un certain nombre d'éléments dans la chaîne trophique dépendent ainsi de la structure thermique, qui permet ou empêche les relations verticales. Il faut ajouter que la couche superficielle susceptible d'être emportée par les courants de dérive, la couche d'Ekman,

voit ses caractéristiques liées à l'épaisseur et à la stabilité de la couche peu dense pour des raisons thermiques, l'épilimnion. Les cellules de Langmuir, ces courants hélicoïdaux aux axes parallèles au vent et alternativement convergents et divergents, sont, elles aussi, en relation avec la température de l'eau (Farmer *et al.*, 1998). Les mouvements et les échanges horizontaux dans les plans d'eau dépendent donc également, via le travail du vent, de la structure thermique.

Autant dire que la distribution spatiale, donc l'utilisation ou non, des nutriments dans un plan d'eau dépendent avant tout du degré de chaleur de l'eau. Les mêmes rejets anthropiques pourront avoir des effets très différents selon la structure thermique, d'où d'énormes écarts en termes de coût et de choix des moyens de lutte contre l'eutrophisation.

c. Les effets biologiques et la gestion piscicole

Au-delà des influences indirectes précédentes sur la biologie, la température de l'eau détermine aussi sans intermédiaire maints traits de la vie des cours d'eau et des plans d'eau. Le premier ensemble est celui du fonctionnement anatomique des organismes vivants, le second celui de leur répartition spatiale.

α. La physiologie des plantes et des animaux aquatiques est largement conditionnée par la température de l'eau

Hormis les mammifères et autres oiseaux concernés par les lacs, les étangs et les cours d'eau, les organismes aquatiques sont à sang froid, ou, plus scientifiquement, poïkilothermes³. La température de leur corps, donc leur activité, dépend de celle de l'eau. La vie n'est possible qu'à l'intérieur d'une certaine valence thermique, qui est l'espace de tolérance borné par deux températures létales. Le dépassement de ces dernières provoque la mort directe des organismes (Brett, 1956).

Emboîté dans l'espace de tolérance thermique, il existe un intervalle de normalité, ou de compatibilité, thermique, à l'intérieur duquel les principales fonctions de l'organisme s'effectuent correctement, notamment la croissance. La taille atteinte lors des différents stades de développement⁴ ainsi que le poids final dépendent de la température (Saltveit, 1990). Le temps qui s'écoule entre chaque stade se réduit en général avec l'augmentation de la température (en restant dans l'intervalle de compatibilité), parfois le nombre lui-même de stades, comme chez certaines larves de libellules (Mathavan, 1990). Pour la durée de chaque stade, ou pour l'ensemble du développement et la taille finale, les corrélations entre la croissance des organismes biologiques et la température de l'eau peuvent se fonder sur « la constante de développement » (Angelier, 2000, p. 75) ou « loi de sommation de la chaleur » (Harper, 1995, p. 384). Il s'agit du nombre de degrés-jours pendant lesquels la température est au-dessus du seuil de croissance. Ainsi, le poids des brochets âgés de quatre ans dans le lac Windermere est remarquablement proportionnel aux degrés-jours supérieurs à 14 °C (Frost & Kipling, 1967, cités par Gerdaux, 1995).

A l'extérieur de l'intervalle de normalité thermique, tout en restant à l'intérieur de la valence, l'activité existe, mais elle est freinée ou gênée. Ralenti, ou momentanément stoppé, le développement fait une pause : c'est la quiescence. Il reprendra dès que la température rentrera dans l'espace de compatibilité. L'activité peut aussi être dérangée sans profiter de la dormance. Cela signifie que, même sans atteindre les températures létales, s'en approcher suffit à affaiblir les organismes vivants, les rendre plus vulnérables aux maladies (Burrows, 1967, Brooker, 1981), ou aux prédateurs (Theurer *et al.*, 1982).

³ Etymologiquement « de chaleur variable », qu'on écrit aussi « poïkilotherme ».

⁴ Par exemple, « chez la grenouille rousse (*Rana temporaria*), la longueur du corps à la métamorphose est de 11 mm lorsque le têtard se développe à 22 °C, 17 mm lorsqu'il se développe à 10 °C » (Angelier, 2000, p. 76). Quant à la transformation des jeunes saumons accompagnant leur adaptation et leur passage de la vie dulçaquicole à la vie marine, la smoltification, elle est avant tout contrôlée par la température de l'eau. « Parmi les différents facteurs de croissance biotiques et abiotiques, il faut souligner le rôle prépondérant de la température. [...] Une température de croissance optimale [...] se situe en élevage à 8 °C pour les très jeunes alevins, alors qu'ultérieurement une température supérieure, tout en restant inférieure à 18 °C, favorisera une croissance plus rapide. L'activité nutritionnelle ne se manifesterait de façon significative qu'entre 5 et 20 °C, avec un optimum entre 13 et 16 °C. [...] Dans les conditions naturelles, une température minimale de 8 à 10 °C est nécessaire pour que s'engage le processus de smoltification » (Cohendet, 1993, pp. 56-57).

Dans cet espace de résistance (Angelier, 2000), ou de croissance perturbée (Dajoz, 1985), la proportion des individus fragilisés à l'intérieur du groupe augmente au voisinage des températures létales. La mortalité domine et elle fait baisser la population.

Emboîté dans l'espace de normalité thermique, un intervalle de température permet la reproduction. Chez les invertébrés de cours d'eau (Richardot-Coulet & Greenwood, 1993) comme ceux de lac (Harper, 1995), le nombre de cycles reproductifs par an (le voltinisme), quand il n'est pas défini génétiquement, la proportion des œufs éclos par rapport à ceux pondus, le moment de l'éclosion des œufs (Crisp, 1981, 1988) sont autant de facteurs qui dépendent du degré de chaleur de l'eau. Chez certains vers, comme les Turbellariés, les seuils thermiques peuvent provoquer des changements plus complexes, par exemple le remplacement de la reproduction sexuée par la reproduction asexuée (Angelier, 2000).

Outre celle des invertébrés, la température de l'eau détermine également la période de reproduction des poissons⁵. La tanche, par exemple, ne se reproduit pas dans des eaux de moins de 20 °C, la carpe, dans des eaux de moins de 18 à 20 °C (Trotignon, 2000). L'efficacité de la fertilisation dépend d'un certain nombre de facteurs, notamment la motilité du sperme, laquelle dépend directement de la température de l'eau, comme l'ont montré les expériences conduites en Suède sur les saumons et les truites (Vladić, 2001). Il faut aussi compter avec le temps d'incubation des œufs de poisson, qui tend, pour la plupart des espèces, à se réduire au fur et à mesure que la chaleur de l'eau s'accroît, phénomène bien connu en étang et des professionnels de la pisciculture⁶.

Ces trois espaces emboîtés, les intervalles thermiques de tolérance, de normalité et de reproduction, peuvent être assez larges, dans le cas des organismes eurythermes, ou au contraire réduits, chez les sténothermes (fig. 62). Enfin, au cœur de l'intervalle interne se trouve un optimum thermique.

Sur un graphique représentant l'activité⁷ de l'organisme vivant en ordonnées et la température en abscisses, la courbe part de zéro en y, qui correspond à la température létale inférieure en x. L'activité s'accroît avec la température, laquelle passe par le seuil inférieur de normalité en x, puis la température inférieure de reproduction. L'activité maximale est atteinte en y pour la température préférentielle en x. Puis l'activité redescend pour une température continuant de croître, cette dernière passant par la température de reproduction supérieure, puis celle de normalité supérieure. L'activité atteint de nouveau zéro en y au niveau de la température létale supérieure en x. Mais la courbe n'est jamais symétrique. Chez la plupart des organismes, l'ensemble est décalé vers la température létale supérieure. La courbe d'activité de l'organisme monte donc lentement (linéairement, exponentiellement ou avec des paliers, fig. 62) entre la température létale inférieure et le *preferendum* thermique, mais descend brutalement entre ce dernier et la température létale supérieure (Angelier, 2000).

Les seuils thermiques varient selon les groupes taxonomiques. Par exemple, la température létale supérieure des Cyanophycées dépasse 70 °C, mais elle est de 50 °C chez les crustacés d'eau douce (Brock, 1975 in Ramade, 1991). Parmi chaque famille, les seuils thermiques diffèrent selon les genres et les espèces. A l'intérieur de l'espèce, ils ne sont pas les mêmes selon les individus et, chez chacun d'entre eux, selon les périodes de la vie, les écophases (Taylor, 1988). A l'intérieur même de l'année, le même individu connaît une température létale supérieure plus élevée en été qu'en hiver. Cela conduit à la notion de choc thermique, qui est l'une des grandes préoccupations concernant l'influence des plans d'eau artificiels sur les cours d'eau.

En effet, le caractère brutal des variations thermiques, la fréquence des écarts et leur amplitude comptent souvent plus que la valeur de température finalement atteinte. C'est du moins le cas chez les eurythermes, comme le poisson-chat. Si le temps d'acclimatation est suffisamment long, si la vitesse de changement de température est assez lente⁸, les seuils thermiques, optima et létaux, peuvent être repoussés. Par exemple, « chez le gardon, la température létale supérieure augmente de 1 °C chaque fois

⁵ « Un ensemble de variables environnementales détermine le moment exact (longueur de jour, température de l'eau, intensité de crue) et le lieu de reproduction (vitesse du courant, nature du fond et/ou de la végétation, profondeur et largeur du chenal) » (Roux & Copp, 1993, p.162).

⁶ « Dans une eau à 15°, l'éclosion des alevins de carpe n'intervient qu'au bout de 10 jours, alors que le temps nécessaire à l'incubation se réduit à 5 jours dans une eau à 18-19° et à moins de 2 jours dans une eau à 30° » (Trotignon, 2000, p. 14).

⁷ L'activité est concrètement mesurée par la consommation d'oxygène par unité de temps.

⁸ Dans les expériences en laboratoire, on entend par variation lente de température un écart de 1 °C par jour (Angelier, 2000, p. 73)

que la température d'acclimatation croît de 3 °C » (Ramade, 1991, p. 311). Mais les sténothermes, comme les Salmonidés, ne possèdent pas cette capacité (Angelier, 2000, p. 74).

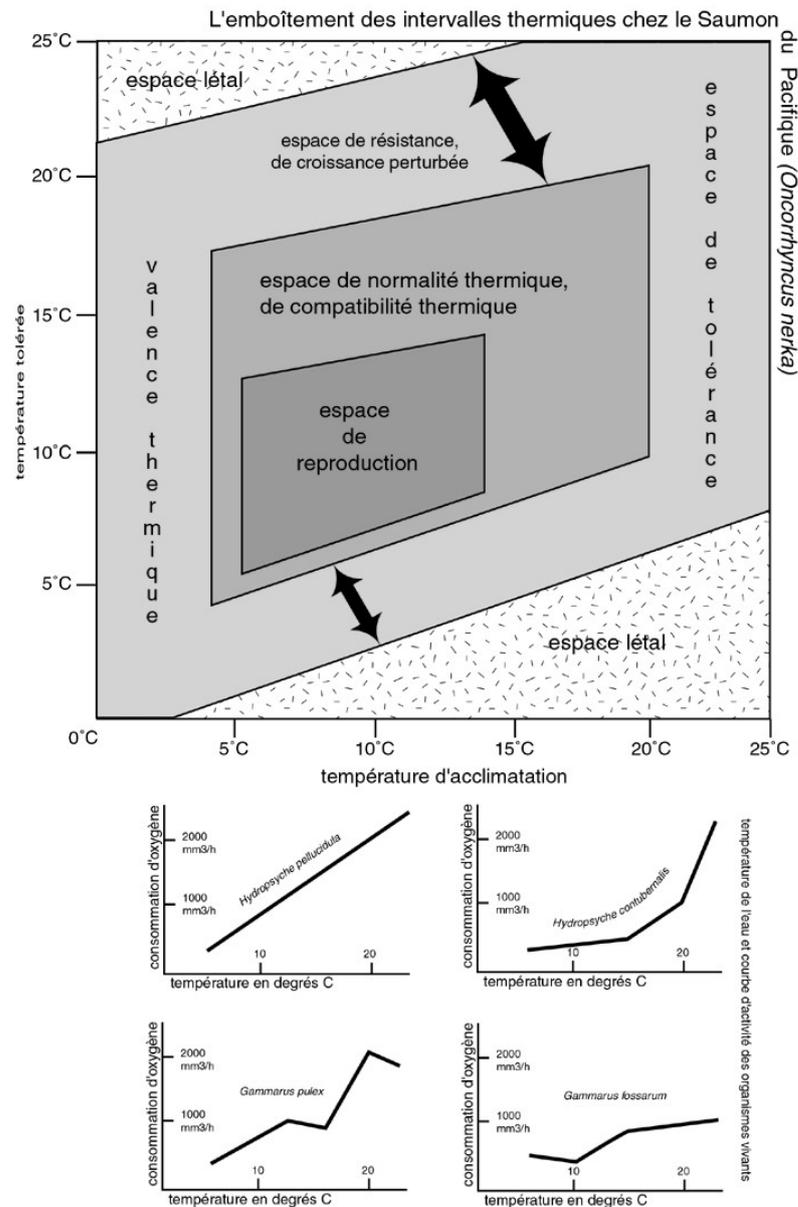


Fig. 62 La température de l'eau et le fonctionnement anatomique des êtres vivants

D'après Dajoz (1985), Ramade (1991), Angelier (2000), Touchart (2001b)

Les variations thermiques jouent un rôle essentiel dans les possibilités de dépérissement ou les problèmes de la reproduction et ont souvent fait l'objet d'études fluviales en aval de lacs de barrage (Brooker, 1981, Crisp, 1987). Elles sont ainsi souvent associées aux perturbations anthropiques. Pourtant, à l'intérieur même des lacs naturels, les brusques écarts thermiques dus à des phénomènes météorologiques font aussi de fréquents dégâts. Ainsi, dans le Léman, la perche pond au mois de mai, alors que la stratification thermique est encore fragile. Il suffit que la bise vienne à souffler du nord pour briser la barrière thermique et forcer la chaleur superficielle à se propager sur les frayères, où la mortalité des œufs est alors considérable (Gerdaux, 1995, p. 399).

β. La répartition géographique des plantes et des animaux aquatiques est largement conditionnée par la température de l'eau

A petite échelle cartographique, la distinction entre les zones et les domaines biogéographiques des eaux continentales tient en grande partie à la température de l'eau. Les lacs tropicaux se caractérisent ainsi par la fréquence des radeaux végétaux (Rougerie, 1993, p. 160). En outre, les oppositions existant dans les rythmes et la durée des périodes de stratification thermique et de brassage conditionnent la vie et la répartition des organismes aquatiques. Or ces contrastes reflètent pour beaucoup les zones et domaines climatiques, eux-mêmes fondés sur les températures. Cependant, à cette échelle géographique, d'autres facteurs prennent une importance considérable, comme la différence entre les lacs salés et ceux d'eau douce. La réflexion des grands organismes internationaux, par exemple liés à l'ONU, doit tenir compte de ces typologies mondiales pour adapter des aides différenciées concernant les problèmes environnementaux liés aux plans d'eau.

A grande échelle cartographique, du fait des liens qui unissent la température avec la pénétration de la lumière dans l'eau, ou encore avec la vitesse critique de nage de certains poissons (Heggenes & Traaen, 1988, Valentin, 1997), la zonation biologique des cours d'eau et la notion de continuum fluvial dépendent en partie du degré de chaleur de l'eau. La distribution spatiale des organismes vivant à l'intérieur des plans d'eau est aussi en grande partie issue de la température.

De l'un à l'autre, de la rivière au lac, l'obstacle est aujourd'hui souvent le barrage... et le lien l'échelle à poissons. Or la température de l'eau constitue l'un des paramètres majeurs déterminant la vitesse maximale du courant, contre laquelle telle espèce est capable de lutter pour franchir la passe. Par exemple, pour une distance à parcourir de moins de 10 m, la vitesse du courant dans la passe ne doit pas dépasser 2,5 m/s si la température de l'eau est de 5 °C. Mais si le degré de chaleur est monté à 15 °C, on peut se permettre une vitesse de courant de 4,25 m/s (Larinier, 1985). Ces seuils sont repris sur l'Allier (Cohendet, 1993, p. 268) et la Vienne (Faure, 2001).

Les critères classiques de zonation écologique longitudinale des cours d'eau, fondés sur la répartition des poissons, étaient la vitesse du courant et le débit (règle des pentes de Huet, 1946, 1949, travaux d'Illies, 1955, 1961, Illies & Botosaneanu, 1963). Le concept de continuum fluvial (Vannote *et al.*, 1980) a élargi les conditions prises en compte, notamment concernant la production primaire et les invertébrés, souligné la dépendance entre l'amont et l'aval, les relations entre le cours d'eau et sa vallée, sa plaine alluviale, sa nappe. La pénétration de la lumière a certainement une influence prépondérante⁹ (Descamps & Naiman, 1989). Mais il est clair que la température joue aussi un grand rôle dans cette zonation et dans la dynamique spatiale de celle-ci, les variations étant notamment sensibles dans les échanges thermiques avec les eaux souterraines (Lenk & Saenger, 2000).

Les communautés végétales de la partie la plus amont des cours d'eau, fixées à la surface éclairée des pierres¹⁰, connaissent une productivité « limitée par l'ombrage dû aux arbres des rives et aux températures de l'eau qui demeurent relativement basses en été » (Large *et al.*, 1993, p. 111). La destruction des ripisylves, qui augmente l'amplitude thermique diurne de l'eau (Brown, 1969), bouleverse les conditions biologiques. A l'inverse, certaines macrophytes recherchent les sources chaudes (Calow & Petts, 1992). Dans tous les cas, le rapport de production est soumis à la température de l'eau (Cummins, 1979). La répartition des invertébrés est liée elle aussi à la température (Hynes, 1970). En aval, les eaux sont généralement plus chaudes, mais les relations avec la nappe sont susceptibles d'abaisser les températures estivales, limitant ainsi la productivité de certains chenaux (Amoros & Wade, 1993, p. 219).

En ce qui concerne les poissons, « les eaux de la zone à truite ont une température qui oscille autour de 6-7°C tout au long de l'année » (Franceschetti, 1981, p. 93). Dans « la zone à ombre [...], l'eau est plus chaude que dans le tronçon précédent et atteint 16 à 17°C, avec parfois des maxima de

⁹ « Dans nos régions tempérées, les boisements riverains fournissent de grandes quantités d'apports nutritifs (sous forme de débris végétaux) aux cours d'eau de l'amont, mais l'ombre du rivage s'oppose à la pénétration de la lumière et réduit les possibilités de production primaire autochtone. Ces ruisseaux de l'amont sont dits hétérotrophes pour souligner que la plus grande part de leurs ressources nutritives proviennent de milieux qui leur sont extérieurs. Dans les rivières moyennes, une plus grande largeur, jointe à une profondeur encore faible, permet une bonne pénétration de la lumière jusqu'au fond, rendant possible l'existence d'un développement végétal composé de périphyton (micro-algues fixées au substrat) et de macrophytes (plantes aquatiques enracinées pouvant former des herbiers). Les apports allochtones sont relativement moins abondants. Ces cours d'eau sont dits autotrophes. Enfin, les grands fleuves de l'aval voient un retour aux conditions d'hétérotrophie, la turbidité des eaux diminuant la pénétration de l'éclairement en profondeur » (Descamps & Naiman, 1989, p. 316).

¹⁰ d'où leur nom de périlithon.

20°C » (id., p. 96). Dans la « zone à barbeaux [...], les eaux sont [...] sujettes à d'amples variations thermiques avec des pointes dépassant 20°C et des valeurs moyennes proches de 19°C » (id., p. 98).

A l'intérieur des plans d'eau, la répartition spatiale des organismes vivants, ici aussi largement liée à la température de l'eau, voit, à l'inverse des cours d'eau, la zonation s'effacer devant l'étagement. Une distribution horizontale s'effectue certes dans les lacs, ne serait-ce que parce que les espèces littorales, plus eurythermes, se distinguent des espèces limnétiques, plus sténothermes. Mais la disposition verticale est plus importante encore. L'étagement du plancton dépend en grande partie de la température de l'eau, dans le sens d'une structure stratifiée ou non.

La répartition du phytoplancton est fonction des alternances de stratification thermique et de brassage, subies différemment par deux types végétaux : les algues non mobiles et les algues mobiles (Amblard & Pinel-Alloul, 1995). Les premières n'ont aucun moyen de contrarier leur lente descente en profondeur. Elles comptent notamment les Diatomées, dont la densité est augmentée par la frustule siliceuse. Dans une eau immobile, leur poids les force à sédimenter inexorablement. Leur survie dépend donc du brassage superficiel, lui-même fonction de la structure thermique et des conditions éoliennes. Le nombre d'algues non mobiles retenues dans la couche superficielle, remises dans le circuit photosynthétique, est d'autant plus grand que la déstratification thermique est fréquente et l'épilimnion épais.

Le phytoplancton mobile est surtout constitué par des algues flagellées, comme les Dynophycées et les Chrysophycées. On peut leur adjoindre le plancton mi-végétal mi-bactérien, ces Cyanophycées ou Cyanobactéries qui, grâce à leurs vacuoles à gaz, peuvent réguler leur densité et contrarier, par flottaison, la tendance à la sédimentation. Pour toutes ces espèces, une eau thermiquement stratifiée et immobile n'est pas forcément synonyme de descente en profondeur. En revanche, le brassage les disperse tout autant que le phytoplancton non mobile, car leur capacité de déplacement est très inférieure à la moindre turbulence provoquée par le vent (Reynolds, 1989).

Du fait de l'immobilité ou des oscillations verticales liées à la stratification thermique, les deux groupes phytoplanctoniques sont susceptibles de se succéder saisonnièrement dans les lacs tempérés (Stewart & Wetzel, 1986). Au printemps, quand la stratification thermique se casse facilement, les algues non mobiles dominent et c'est la saison du pic des Diatomées. En effet, leur infériorité n'est pas manifeste, grâce à l'importance des brassages. Elles peuvent alors profiter de leur supériorité sur les algues mobiles, qui ne savent pas comme elles réguler leur contenu chlorophyllien et s'adapter ainsi aux rapides variations de profondeur et de luminosité. A l'inverse, au cœur de l'été, quand la stratification thermique est la plus stable, les algues mobiles sont susceptibles de prendre l'ascendant. Elles sont en effet capables de rester au niveau qui leur convient, tandis que les Diatomées sédimenter vers les basses couches.

Cette antinomie, partielle, entre phytoplancton non mobile et mobile a de grandes conséquences de géographie appliquée, notamment quand les gérants d'un plan d'eau réfléchissent à l'installation d'un déstratificateur thermique. Un tel appareil est en effet susceptible de favoriser le plancton non mobile, dont la plupart des espèces sont justement appréciées dans un lac en bonne santé, et de desservir le plancton mobile, en premier lieu les Cyanobactéries et d'autres groupes toxiques (Barroin, 1999).

La distribution verticale du zooplancton dépend avant tout de la position de la barrière thermique (Gophen, 1979). Quant aux oscillations verticales de nombreux organismes zooplanctoniques, elles sont issues, après les variations de la lumière, de celles de la température (Gerritsen, 1982). La température joue à la fois un rôle moteur et récepteur. Dans le premier cas, c'est l'alternance de stratification et de déstratification thermique qui provoque, permet, ou accentue, les mouvements et la répartition du zooplancton. Dans le second, c'est l'attraction de tel ou tel avantage thermique qui suscite le mouvement d'où découle la localisation¹¹.

Réciproquement, les organismes vivants agissent sur la température lacustre. Il ne s'agit pas tant du dégagement de chaleur issu de certaines fonctions anatomiques ou de la putréfaction, qui est infime à l'échelle d'un plan d'eau d'une certaine dimension, même dans les couches de fond les plus proches des sédiments. Mais c'est en surface que le phénomène prend de l'ampleur, notamment quand la quantité de plancton permet ou, au contraire, gêne, empêche la pénétration des radiations (Pourriot & Meybeck,

¹¹ « L'épilimnion n'offrant pas d'abri, le zooplancton ne peut trouver refuge vis-à-vis des prédateurs vertébrés en particulier (poissons planctonophages) que dans l'hypolimnion [...]. Cette hypothèse suppose la descente des organismes les plus vulnérables [...] à l'aube et leur remontée au crépuscule dans les strates plus nutritives » (Angeli *et al.*, 1995, p. 427).

1995, p. 405). Les poissons eux-mêmes, d'ailleurs en liaison avec le peuplement planctonique, influent sur la distribution thermique superficielle (Mazumder *et al.*, 1990). Les caractères biogéographiques du bassin d'alimentation et des littoraux agissent indirectement. Par exemple, la déforestation des littoraux des petits lacs canadiens provoque une augmentation de l'amplitude diurne de la température de l'eau (Steedman *et al.*, 1998, 2001).

Le fait que le degré de chaleur de l'eau exerce une influence considérable sur la vie et la répartition des organismes aquatiques, le fonctionnement trophique des plans d'eau, les qualités physico-chimiques et hydrodynamiques de ceux-ci, voire leur morphologie, alors même que la réciproque est réduite, confirme le bien-fondé du choix de la température de l'eau comme porte d'entrée à l'étude géographique des écosystèmes aquatiques et sa mise en valeur en limnologie physique appliquée.

En tant que critère géographique déterminant, la température de l'eau implique une prise en compte permanente des échelles spatiales, mais aussi temporelles. A petite échelle cartographique, elle nécessite l'étude de l'influence du climat sur le degré de chaleur de l'eau. A moyenne échelle cartographique, elle oblige à replacer les plans d'eau dans l'ensemble du réseau hydrographique, en se focalisant sur l'émissaire et la tendance au déclin de la qualité lacustre de ses eaux. A grande échelle cartographique, il est indispensable d'étudier le fonctionnement interne propre à chaque plan d'eau, tant dans sa stratification thermique que dans sa zonation horizontale des températures. Il est souhaitable d'associer à ces échelles spatiales au moins quatre échelles de temps : l'irrégularité interannuelle (Webb & Walling, 1996, 1997), le cycle annuel des saisons (Ward, 1963, 1985, Collings, 1969, Steele, 1982), les variations interdiurnes (Eckel, 1951, El-Jabi *et al.*, 1995) et le cycle diurne (Mackichan, 1967, Vannote, 1980, Kobayashi *et al.*, 1995), dont la perturbation peut avoir d'importantes conséquences biologiques (Garcia de Jalon *et al.*, 1988, Crisp, 1989).

Cette prise en compte globale est nécessaire à la mise en adéquation de la limnologie physique et de la demande sociale.

2. LA LIMNOLOGIE PHYSIQUE ET LA DEMANDE SOCIALE : UNE FOCALISATION SUR LE LIMOUSIN

Le choix du Limousin, terre de l'eau, comme exemple ici développé se fonde sur le caractère crucial de la polémique concernant la température de l'eau dans cette région, sur l'artificialité de tous ses plans d'eau, sur l'énorme quantité d'étangs très profonds, correspondant précisément au seuil de la polymicticité et de la monomicticité qui change toute gestion piscicole, et, enfin, sur la qualité hyperocéanique de son climat, qui ajoute à la variabilité thermique interdiurne¹².

¹² Le Limousin est riche d'une cinquantaine de lacs de barrages et a été précocement équipé. Les quatre cinquièmes appartiennent à EDF. Achevé en 1926 sur la Creuse, le barrage d'Eguzon était alors le plus important du pays et, aujourd'hui, le volume de 0,407 km³ d'eau du lac de Bort-les-Orgues en fait le deuxième de France. Un cinquième des lacs possède d'autres propriétaires, comme le Conseil Général de la Haute-Vienne pour Saint-Pardoux, ou la SNCF pour Marèges. La région offre à la fois des lacs de barrage profonds, ceux des vallées encaissées de la Dordogne, de la Vézère ou encore du Taurion, et des alvéoles ennoyées, comme Vassivière ou Saint-Pardoux. Mais le Limousin se distingue surtout par la grande quantité d'étangs qu'il renferme. Il s'agit, avec la Brenne, la Sologne, la Bresse (dont la Dombes), le Forez et l'ensemble de la Champagne Humide et de la Lorraine (Trotignon, 2000, p. 7), de l'une des grandes régions françaises d'étangs. Le Limousin compte sans doute plus d'une dizaine de milliers d'étangs, environ un tiers d'entre eux ayant plus de 0,5 ha (Gisclard, 1985). A l'opposé de toutes les autres régions concernées, le Limousin est la seule à posséder une majorité d'étangs particulièrement profonds, dont la vidange est rare. Partout ailleurs, les descriptions sont celles de pellicules d'eau ; en général, ces étangs, dont la mise en assec périodique permettait la culture, étaient traditionnellement intégrés dans un mode agro-piscicole. La Dombes était l'exemple le plus abouti de cet assolement entre la mise en eau et la mise en assec, qui avait été aussi largement répandu en Sologne. Or, en Limousin, il existe certes des étangs pelliculaires, notamment en basse Marche, mais l'essentiel est formé de plans d'eau profonds et il n'est pas rare que des étangs de quelques dizaines d'ares possèdent une tranche d'eau de plus de cinq ou six mètres d'épaisseur. En outre, depuis le Moyen Age, il n'a jamais été question de laisser les étangs à sec pendant une durée importante, ni même de les régulièrement vidanger. A Dournazac, l'étang de Feuyas, qui a près de 7 m de profondeur, n'a pas été vidé depuis 1929 (Bartout, 2000). La très grande profondeur relative et la pérennité de mise en eau de ces étangs permettent d'étudier comme nulle part ailleurs tous les intermédiaires, précisément au niveau des profondeurs de 5 à 7 m, qui sont justement celles du seuil entre les lacs et les étangs, entre les variations thermiques saisonnières et diurnes. En outre, parmi les différents plans d'eau susceptibles de bouleverser les variations de température des cours d'eau, les étangs sont ceux qui offrent les plus grands écarts dans les plus petits délais. « La caractéristique essentielle des étangs est leur variabilité dans le temps » (Dussart, 1992, p. 234). Le caractère polymictique des étangs rend primordiale l'étude des deux échelles les plus courtes, intradiurne et interdiurne. Et on sait combien les chocs thermiques sont importants pour les êtres vivants, souvent plus que les valeurs absolues de température. Pourtant, le fait est que la grande majorité des études de perturbation thermique des cours

a. La pisciculture et la pêche

En liaison avec l'importance des liens unissant la température de l'eau et les organismes vivants, l'élevage et la pêche du poisson sont deux activités fortement intéressées par la recherche thermique appliquée.

D'une manière générale, les pisciculteurs préfèrent une eau chaude, qui accroît la productivité. L'indice de consommation est augmenté par la chaleur de l'eau (Jatteau, 2000), de même que la digestibilité des protéines (Oliva-Teles & Rodrigues, 1993). Certes, cela s'accompagne d'une baisse de l'oxygène, mais on préconise habituellement une oxygénation artificielle pour y remédier. Pour ce qui est des activités halieutiques, les pêcheurs en plan d'eau ne sont pas défavorables, jusqu'à un certain seuil, à une température élevée, qui accroît la biomasse totale, tandis que les pêcheurs en cours d'eau penchent souvent pour une température basse, notamment dans les régions concernées par les Salmonidés.

En Limousin, l'origine médiévale de certaines d'étangs est avant tout liée au besoin en poissons pour respecter le jeûne du Carême et l'abstinence de la fin de semaine. Aujourd'hui, la pisciculture connaît une présence très moyenne et la pêche est une activité notable. L'influence biologique de la température de l'eau étant connue, les intéressés sont vigilants à ce sujet. Les études les plus précises effectuées jusqu'à présent sur la température des étangs limousins l'avaient été dans un cadre et un but piscicoles (Diren Limousin, 1994, Cemagref, 1987, 1989, Gisclard, 1990), pour améliorer une productivité qu'on sait faible.

Les pêcheurs en plan d'eau de la région déplorent souvent le grand nombre d'étangs froids. Pour la pêche en cours d'eau, en revanche, il est généralement dit que les étangs limousins réchauffent largement les émissaires (Barla, 1998), augmentent considérablement l'évaporation (Marquis, 1998), et sont à l'origine de la baisse des Salmonidés, fait contesté par les propriétaires de plans d'eau. Jusqu'à présent, cependant, les mesures étaient rares et ponctuelles. Il n'en reste pas moins que les passions sont grandes à ce sujet, voire les polémiques, les deux parties ne manquent pas de s'invectiver et Balabanian et Bouet (1989, p. 173) n'ont pas hésité à poser la question de manière vive : « la guerre des étangs aura-t-elle lieu ? ».

En aval des lacs de barrage, où le problème est en partie inverse, les pêcheurs restent aussi les demandeurs principaux et le lancement de la première campagne de mesure de l'Etablissement Interdépartemental de la Dordogne a été motivé par la requête suivante : « Les pêcheurs ont soulevé un problème : la température de l'eau, pouvant atteindre 28 °C, serait responsable de l'appauvrissement en oxygène du milieu aquatique et limiterait notamment la vie des saumons dans la Dordogne. Rafraîchir cette eau leur paraît donc indispensable. Pour cela, une solution est envisagée : augmenter le débit de la Dordogne au niveau du barrage d'Argentat » (Epidor, 1997, p. 2).

En Limousin, la pêche reste donc l'activité la plus attentive aux recherches appliquées concernant la température de l'eau.

b. Le tourisme

Le loisir lié à la pêche renvoie au développement précédent, mais il faut y ajouter le tourisme balnéaire. Les lacs de barrage sont devenus un élément majeur du tourisme en Limousin, avec des plans d'eau comme Vassivière ou Saint-Pardoux. Les étangs d'une certaine taille voient là leur nouvelle vocation, privés et à plage payante, comme à Cieux, ou publics. Les étangs communaux sont devenus le fer de lance de la promotion touristique en Limousin et il en existe désormais partout. L'étang de Courtille est peut-être le symbole de cette reconversion, ancien plan d'eau d'alimentation en eau potable de la ville de Guéret et aujourd'hui étang destiné à la baignade, aux sports nautiques et à la pêche. Les comités d'entreprise ne sont pas en reste et forment une part importante de la gestion des étangs de loisir, par exemple la SOCAE pour l'étang des Garennes (bassin de Cieux).

d'eau par des plans d'eau artificiels concernent des lacs de barrage (Ward, 1974, Gras & Gilbert, 1987, Malatre & Gosse, 1995, Webb *et al.*, 1996, Webb & Walling, 1996, 1997, etc.). La revue bibliographique complète de Smith (1972) ne mentionne pas les étangs.

Dans tous les cas, la température de l'eau est primordiale. Dans les étangs où la baignade est surveillée, le maître-nageur prend la température tous les jours. Cette valeur est double : une eau chaude est appréciée, mais, si la chaleur provoque désoxygénation et accentue les conséquences de l'eutrophisation, elle est critiquée par le touriste. Là où un drapeau de qualité est présent, la prise de la température accompagne les autres mesures physico-chimiques.

c. L'irrigation

Dans les pays méditerranéens, comme l'Espagne, de nombreux lacs de barrage sont destinés à l'irrigation, et les effets sur la température de l'eau fluviale et les organismes aquatiques situés en aval sont importants (Casado *et al.*, 1989). Mais, quand les soutirages de fond sont prédominants, le refroidissement peut être tel que l'eau d'irrigation cause finalement des dommages aux cultures. Cela a été observé au Japon, où le riz supporte mal ces nouvelles conditions (Nishizawa & Yamabe, 1970). Les retenues d'eau destinées à l'irrigation présentent aussi la caractéristique d'un fort marnage. Dans la plupart des régimes climatiques, elles sont destinées à fournir de l'eau en été. Elles sont donc très basses en fin de saison chaude et cela bouleverse leur stratification thermique, donc la validité de leur usage, comme il a été observé en Israël (Milstein *et al.*, 2000).

En Limousin, l'irrigation a été pratiquée dès le Moyen Age, au départ sous l'impulsion des ordres religieux. A partir du milieu du XIX^e siècle, le développement de l'élevage bovin a provoqué son essor et la région s'est constellée de tout petits étangs destinés à l'irrigation des prairies de versant. « Il s'agissait [...] d'aider la prairie à fournir de l'herbe très tôt au printemps pour mettre fin au « trou d'hiver » en pratiquant une irrigation thermique » (Balabanian & Bouet, 1989, p. 61-62). Autant dire que la température de l'eau avait une importance certaine.

Aujourd'hui, on préfère développer l'irrigation pour le maïs, et, au sud de la région, le tabac, les fruits et les légumes. On peut citer, à l'ouest du Limousin, les pompages dans la Glane, près du confluent avec le ruisseau de Gravelas, pour l'irrigation du maïs. Du fait du minimum de précipitations estival dans ce milieu hyperocéanique, qui, certaines années, est particulièrement accentué, cela nécessite parfois la création de lacs de barrage spécialement destinés à soutenir les étiages pour l'eau d'irrigation prélevée dans l'émissaire. C'est le cas, aux confins du Limousin et de l'Angoumois, des lacs de Lavaud et du Mas Chaban.

Or, si la quantité d'eau est ainsi soutenue, la qualité est bouleversée : au début de l'été, les prises d'eau froide de fond sont susceptibles d'influer sur la germination de certaines plantes cultivées. A l'inverse, ces deux lacs ont des eaux très basses à la fin de l'été, réduits à une couche d'eau chaude superficielle. L'installation d'un déstratificateur thermique dans le lac du Mas Chaban par le Conseil Général de la Charente procède de la prise en compte de ces divers problèmes. L'étude de la température de l'eau est donc indispensable pour toute poursuite d'aménagement.

d. L'eau potable

Pour diverses raisons, l'eau puisée dans les cours d'eau pour la consommation domestique doit avoir préférentiellement une température comprise entre 10 et 15°C (Collings, 1969) et il est recommandé qu'elle s'approche de 10 °C (Parker & Krenkel, 1970, p. 19). Au-delà, le coût du traitement augmente avec la température (Hoak, 1961). En France, une eau potable ne doit pas dépasser 25 °C (Gaujous, 1995).

En Limousin, outre des forages peu profonds, une bonne partie de l'eau potable est prélevée en surface, soit dans les cours d'eau¹³, soit dans des étangs, comme ceux des Monts d'Ambazac pour la ville de Limoges.

¹³ Ardillier (1997, p. 128) détaille par exemple la station de pompage du Pont de Beissat sur la Gartempe.

e. L'eau de refroidissement des centrales thermiques

Dans le monde, seuls les Etats-Unis, le Canada et le Kazakhstan refroidissent directement certaines de leurs centrales nucléaires à l'eau lacustre. Partout ailleurs, c'est l'eau fluviale qui est très largement mise à contribution. Mais les centrales thermiques non atomiques sont également concernées, de même qu'un certain nombre d'entreprises industrielles, qui ont elles aussi besoin d'eau de refroidissement. Ce sont les centrales qui ont de loin la plus grande influence. Par exemple, à l'embouchure, le réchauffement artificiel de la Tamise est dû à 75 % aux rejets des centrales thermiques, contre 6 % à l'industrie et 19 % à toutes les autres activités réunies (Smith, 1972, citant Gameson).

C'est sans doute ce thème qui a donné lieu au plus grand nombre de recherches appliquées concernant la température de l'eau. C'est surtout à son propos qu'est employé le terme, d'ailleurs contesté, de pollution thermique. En 1967, le sous-comité « pollution de l'air et de l'eau » du sénat américain annonça qu'il considérait désormais que le réchauffement de l'eau « était tout autant un polluant que les déchets urbains ou les rejets industriels » (cité par Parker & Krenkel, 1970, p. 22, en anglais).

En Angleterre, des réchauffements de 12 °C ont été mesurés dans certaines rivières (Smith, 1972). Aux Etats-Unis, les centrales utilisaient déjà, pour leur refroidissement, 10 % des eaux fluviales du pays en 1968 et il était à l'époque prévu qu'elles en missent 20 % à contribution en 1980 (Parker & Krenkel, 1970, p. 14). En France, des études ont notamment porté sur l'influence des centrales nucléaires sur les températures de la Loire (Lair & Sargos, 1993).

La centrale nucléaire de Civaux, certes en Poitou, est cependant refroidie par l'eau de la Vienne et c'est en Limousin, en amont, qu'existent les contraintes de soutien des débits et les projets de nouveaux barrages destinés à réguler l'offre en eau de cette centrale. C'est donc par ce biais qu'interviennent les lacs. En juillet 1988, le Préfet de la Région Limousin a signé une convention avec EDF garantissant un débit de 12 m³/s à l'amont de la centrale. La température de l'eau de la Vienne est un aspect essentiel du bon fonctionnement et EDF procède d'ailleurs à des relevés à Civaux depuis septembre 1980. Un arrêté préfectoral fixe à 25 °C la température maximale de la Vienne en amont de la centrale et à 27 °C en aval. Si la normale (sur vingt ans) de juillet est de 23,2 °C, la moyenne mensuelle a pu atteindre 26,2 °C certaines années et la température instantanée 28,2 °C le 11 août 1998 en amont de la centrale (Pouyol, 1999). Une connaissance des températures de la Vienne beaucoup plus en amont, c'est-à-dire en Limousin, se révèle donc indispensable, pour mieux connaître les modalités de réchauffement de ce cours d'eau.

Au-delà de cette simplification analytique, de nombreux plans d'eau sont en fait multifonctionnels. Or les différents usages n'ont pas forcément la même demande thermique. Il en est ainsi, par exemple, des retenues d'eau destinées à la fois à l'irrigation et à la pisciculture. En Israël, Milstein *et al.* (1992), de même que Krambeck *et al.* (1994) ont montré que l'utilisation massive des lacs de barrage plurifonctionnels pour l'irrigation, qui abaisse très fortement le niveau d'eau, conduit à de mauvaises conditions pour la pisciculture, à cause du bouleversement de la stratification thermique. En Limousin aussi, les plans d'eau multifonctionnels sont nombreux, surtout depuis que l'activité touristique a connu un essor certain. Un zonage permet, en lac comme en étang, de réserver des portions aux différents usagers, comme la séparation entre les baigneurs et les pêcheurs dans l'étang de Cieux, ou entre les pêcheurs et les naturalistes de la Société Protectrice des Oiseaux du Limousin dans l'étang de la Pougé. Mais la satisfaction n'est pas forcément égale pour de mêmes conditions thermiques, comme en témoignent aussi les demandes de soutirage d'eau froide dans le lac de barrage d'Argentat, émises par les pêcheurs à une saison où EDF n'a pas intérêt à turbiner.

C. La prise en compte de la limnologie physique et dynamique dans l'aménagement des lacs

Quand la stratification thermique est considérée comme un risque, elle peut être comptée comme une menace conduisant à des pertes financières, par exemple de rapport touristique. Dans ce cas, il est parfois recommandé d'en limiter certains effets ou même de la détruire artificiellement, au moyen d'équipements appropriés. Il importe de connaître les différents appareils disponibles, ainsi que les avantages et les inconvénients de tel ou tel choix.

1. LES METHODES LIMNOPHYSIQUES ET LIMNODYNAMIQUES DE LUTTE CONTRE L'EUTROPHISATION

La plupart des lacs des pays industriels souffrent d'un enrichissement en nutriments, qui bouleverse l'ensemble de la chaîne trophique. Pour combattre ces méfaits, de nombreuses méthodes sont à disposition. La première famille concerne l'intervention sur le bassin d'alimentation, en réduisant les rejets en phosphore, en les traitant, en les piégeant ou en les dérivant. C'est la plus efficace à long terme, puisqu'elle s'attaque à la source du problème. Mais c'est aussi souvent la plus difficile à mettre en œuvre politiquement. Quoiqu'il en soit, elle n'est pas limnologique à proprement parler et ne sera pas développée ici. La seconde famille consiste à opérer sur le plan d'eau lui-même. Trois types d'intervention sont alors possibles : (1) l'action sur les sédiments du lac, par traitement, dragage (photo 5) ou inactivation ; (2) l'action sur les végétaux, par l'élimination du phytoplancton ou des macrophytes ; (3) l'action sur l'eau du lac. A l'intérieur de ce dernier point, l'eau peut subir trois formes de traitement, chimique, physique ou dynamique. Si l'action chimique, par chaulage du petit lac ou de l'étang, ou encore par déversement de sulfates d'aluminium, n'a pas à être développée ici, les deux autres formes procèdent en revanche pleinement de la limnologie appliquée physique et dynamique.



Photo 5 *Drague aspirant le sédiment contaminé du Balaton*
Cliché P. Papon (2000)

Le traitement hydrodynamique de l'eutrophisation des plans d'eau peut se faire par dilution ou soutirage. Dans le premier cas, il s'agit d'apporter de l'eau pauvre en phosphore dans le lac, pour faire baisser la concentration en nutriment du fait de l'augmentation du volume (Barroin, 1999). Ce traitement pose au moins trois problèmes. *Primo*, il faut trouver et détourner de l'eau en grande quantité. S'il s'agit d'une eau payante, issue du réseau de distribution, le coût se révèle très élevé pour un cubage qui ne sera jamais important. S'il s'agit du détournement d'une rivière, on effectue un transfert de bassin, qui bouleverse l'écologie de la région. *Secundo*, il faut trouver de l'eau pauvre en nutriments. Or si le lac est eutrophe, cela signifie en général que les rivières de la région en sont justement chargées. *Tertio*, l'apport d'eau dans le lac bouleverse l'équilibre des entrées et sorties. Pour préserver le bilan hydrologique, l'exutoire voit son débit augmenter et on raccourcit d'autant le temps de séjour. Cela revient à diminuer la possibilité pour le phosphore de se fixer sur les particules sédimentaires et d'être piégé au fond. Cela peut, momentanément, aller à l'encontre du but recherché.

Le second traitement limnodynamique possible se trouve être le soutirage. Il s'agit d'éliminer une partie de l'eau de fond, désoxygénée, chargée de nutriments et de diverses autres substances indésirables. Comme on cherche soutirer l'eau hypolimnique sans pour autant faire baisser le niveau du lac ni diminuer son volume total, il est nécessaire de construire un barrage si le plan d'eau n'en était pas pourvu. Le volume soutiré par le fond doit être du même ordre que celui de surface qu'on empêche dès

lors de s'écouler. Cette méthode bouleverse les qualités de l'émissaire. Même en tenant compte de la capacité d'une eau courante à se réoxygéner, il est clair que ce remède pour le lac détériore le cours d'eau effluent. Cela bouleverse aussi le fonctionnement physique du plan d'eau, en augmentant l'épaisseur proportionnelle de l'épilimnion, en provoquant des oscillations de la thermocline ou encore en détruisant parfois la stratification thermique. Cela mène au traitement hydrophysique.

Les méthodes limnophysiques de lutte contre l'eutrophisation sont de deux types. La première est le traitement oxygénant, qui permet d'augmenter la concentration en oxygène dissous des couches profondes sans perturber la stratification thermique. Le but est de maintenir les sels de fer oxydés, pour qu'ils ne relarguent pas le phosphore, et d'oxyder les composés réduits, afin d'éviter les odeurs nauséabondes, mais sans avoir l'inconvénient de réchauffer les basses couches pour autant. Les aérateurs sont des appareils permettant ce traitement. Ils comportent un système de séparation des gaz non dissous et des eaux oxygénées. Ceux-là sont ramenés en surface par un tuyau d'évent, si bien qu'il n'y a pas de bulle traversant la colonne d'eau (Barroin, 1999). Ces dispositifs sont onéreux, si bien que la seconde méthode limnophysique, celle qui utilise les déstratificateurs thermiques, est beaucoup plus fréquente. Au cœur de la limnologie physique appliquée, elle mérite un développement à part.

2. LES DESTRATIFICATEURS THERMIQUES

Le traitement thermique des lacs et des étangs est une méthode de lutte contre les effets de l'eutrophisation remarquablement réversible, de plus en plus utilisée. Elle n'est cependant pas exempte d'effets secondaires. Il convient d'embrasser les tenants et les aboutissants de cet outil, avant de lancer l'installation d'un tel équipement dans un lac.

a. Buts et principes des déstratificateurs

A l'échelle mondiale, les déstratificateurs thermiques sont avant tout utilisés pour diminuer les effets de l'eutrophisation dans les lacs, notamment dans le cas où les rejets anthropiques en nutriments sont importants dans le bassin d'alimentation. Détruire la stratification, empêcher qu'un métalimnion ne se mette en place revient à permettre au brassage de s'effectuer. Pour plus de clarté, on peut présenter séparément les deux familles d'avantages qu'on espère d'un mélange général artificiellement provoqué : faire descendre les eaux superficielles vers le fond et faire remonter les eaux profondes vers la surface.

(1) Le premier objectif est d'amener les eaux de surface, riches en oxygène, jusqu'au fond du lac. Les eaux profondes sont ainsi oxygénées directement, « par simple dilution » (Cooke *et al.*, 1993, p. 420, en anglais) avec celles de l'ancien épilimnion. Il faut y ajouter une entrée supplémentaire d'oxygène, puisque les anciennes eaux hypolimniques, sous-saturées, qui arrivent en surface du fait du brassage, se chargent alors en oxygène atmosphérique.

Parmi les différentes conséquences de cette oxygénation du fond, il est souvent mis en avant que le fer des sédiments reste ainsi à l'état oxydé, dans des conditions telles qu'il fixe le phosphore. Les études récentes montrent cependant que le piégeage du phosphore par les hydroxydes ferriques n'est pas aussi systématique que la théorie traditionnelle le laissait entendre et on découvre des cas de plus en plus nombreux de plans d'eau peu profonds, souvent brassés et profitant de conditions aérobies à l'interface de l'eau et des sédiments, qui, pourtant, sont susceptibles de relarguer du phosphore (Kamp-Nielsen, 1975). Aujourd'hui, d'aucuns vont même jusqu'à préconiser de ne pas détruire la stratification thermique pour minimiser les risques de source interne de phosphore (Osgood & Stiegler, 1990).

Ce contre-pied récent, qui n'est peut-être que local, nuance les rapports entre la remise de nutriments dans le circuit et l'oxygénation du fond. Mais, s'il rend plus complexes les critères de choix d'une lutte contre l'eutrophisation, il ne remet pas en cause l'effet bénéfique de l'oxygénation concernant le combat contre la pollution, par l'intermédiaire de la précipitation et du dépôt des métaux lourds, comme le manganèse.

L'oxygénation du fond permet aussi de favoriser la minéralisation de la matière organique. Cela n'est certes pas forcément favorable à court terme à la quantité de phosphore disponible dans l'eau, puisque le phosphore organique est transformé en phosphore minéral, mais cela préserve les grands cycles biogéochimiques, donc l'équilibre du lac à long terme.

(2) Le deuxième objectif de la déstratification artificielle est de faire remonter les eaux profondes, riches en gaz carbonique, vers la surface, de manière à favoriser la photosynthèse du

phytoplancton vert au détriment des Cyanobactéries, moins aptes à absorber le CO₂ (Shapiro, 1973). En outre, indirectement, la diminution du pH des eaux de surface, du fait de l'arrivée des eaux profondes riches en gaz carbonique, va dans le même sens, desservant les algues bleues, plus facilement attaquées par des virus dans ces conditions, et avantageant au contraire les algues vertes (Shapiro, 1984, 1990).

Au-delà de la qualité des eaux, le simple mouvement de remontée, qui est l'une des composantes de la destruction de la stabilité de la colonne d'eau, est propice au plancton vert. En effet, ce dernier, surtout quand il s'agit de Diatomées, tombe progressivement, sous son propre poids. La circulation permanente provoquée par un déstratificateur permet à ces algues vertes d'être réintroduites dans la couche euphotique. A l'inverse, les Cyanobactéries, dont on cherche à se débarrasser, sont munies de vacuoles qui leur permettraient de toujours flotter au même niveau quand la stabilité due à la stratification thermique le permettait. Le brassage artificiel dépasse les capacités de ces poches de gaz, si bien que les algues bleues sont transportées à tous les niveaux. Le supportant moins que les Diatomées, ces dernières sont ainsi, proportionnellement, favorisées (Bernhardt, 1967, Reynolds *et al.*, 1987).

Mieux même, l'ensemble de la biomasse algale totale tendrait à diminuer avec la destruction de la stratification thermique (Lorenzen & Mitchell, 1975). Les algues vertes elles-mêmes, bien qu'elles soient avantagées d'une manière relative, se retrouvent, de façon absolue, dans des conditions moins bonnes à leur développement, si le brassage est suffisant pour les amener assez longtemps au-delà de la profondeur critique, en dessous de laquelle la respiration dépasse la photosynthèse. Ce même mélange les fait certes aussi remonter au-dessus de cette limite, mais, au total, la quantité de végétaux aquatiques serait susceptible de diminuer et les effets de l'eutrophisation seraient donc moins visibles.

La connaissance de ces principes permet de choisir ensuite la manière de déstratifier. Les déstratificateurs artificiels sont utilisés dans les plans d'eau depuis les années 1950 (Cooley & Harris, 1954), bien que des essais aient été effectués dès le début du XX^e siècle (Bulson, 1967, Wilkinson, 1979). Aujourd'hui, il existe deux familles de matériel pour déstratifier l'eau des lacs (Barroin, 1999) : d'une part les systèmes à injection d'air (*air bubbler systems* ou *bubble aerators* d'Imberger & Patterson, 1990, *pneumatic methods* de Henderson-Sellers, 1982) et d'autre part ceux à mélange mécanique (*mechanical mixers*).

Les déstratificateurs à injection d'air sont les plus utilisés (Imberger & Patterson, 1990, p. 441), car ce sont les moins coûteux (Cooke *et al.*, 1993, p. 428). On en trouve, par exemple, en Australie, dans les lacs de barrage de Myponga (Patterson & Imberger, 1989) et de Harding (Imberger & Patterson, 1990), aux Etats-Unis, dans les lacs californiens de Wohlford (Koberg & Ford, 1965) et Caritas (Barroin, 1999), aux Pays-Bas dans le lac Maarsseveen (Knoppert *et al.*, 1970). Le Royaume-Uni compte au total seize lacs traités par des injecteurs d'air (Henderson-Sellers, 1982). Ce sont toujours des plans d'eau de petite taille et le record mondial de dimensions serait détenu par l'Eufaula¹⁴, lac de barrage américain situé dans l'Etat d'Oklahoma, sur un affluent de l'Arkansas, la rivière Canadian.

Le principe de fonctionnement des déstratificateurs à injection d'air réside dans l'introduction de bulles d'air en profondeur. Elles remontent pour venir éclater à la surface, formant un panache (*bubble plume*) ou un rideau de bulles (*bubble curtain*), et, ce faisant, elles entraînent de l'eau dans leur sillage. C'est sur ce principe d'accompagnement de l'air par l'eau lors du mouvement ascendant qu'est fondée l'efficacité du procédé. Le débit doit être dosé. Pour une valeur trop faible, une stratification thermique, certes fragilisée, peut malgré tout se développer. Si le débit est trop élevé, le mélange est tel qu'il risque de mettre les sédiments en suspension et de provoquer une turbidité de l'eau. Pour éviter celle-ci, il est en général recommandé, outre l'attention portée au débit, de ne pas placer le générateur d'air à moins d'un à deux mètres du fond.

Deux types d'injecteurs d'air peuvent être utilisés. Certains diffusent de l'air simple, d'autres de l'air comprimé. Dans le premier cas, l'air sort d'un diffuseur (*diffuser dome*) ou bien d'un tuyau percé de trous (*perforated pipe*). Ce sont les équipements les moins rares, bien que cela ne signifie pas que la technique soit encore parfaitement maîtrisée. La longueur des conduites, le calibrage des trous, le débit en résultant, la localisation de l'équipement sont finalement assez souvent choisis de manière empirique (Davis, 1980), mais Patterson & Imberger (1989) préconisent le couplage d'un modèle de fonctionnement lacustre avec un modèle de fonctionnement du panache de bulles pour affiner les prévisions et conduire à une utilisation optimale de l'instrument.

¹⁴ Malheureusement, les chiffres morphométriques donnés par Barroin (1999, p. 112) sont faux : profondeur moyenne 16,2 m, surface 41 480 ha, volume 703.10⁶ m³, puisqu'ils ne sont pas corrélés entre eux.

Dans le cas de l'air comprimé, deux appareils sont disponibles, le canon hydraulique (*bubble gun* ou *aero-hydraulic gun*, Bryan, 1964) et l'*Helixor*. D'abord inventé par les Canadiens pour maintenir une circulation d'eau sous la banquise lacustre (Lackey, 1972), l'*Helixor* a ensuite été utilisé pour combattre la stratification thermique directe, par exemple en Grande-Bretagne et en Afrique du Sud (Henderson-Sellers, 1982). Le panache de plume acquiert une forme vrillée, qui augmente la déstratification.

Les déstratificateurs à mélange mécanique, quant à eux, agissent en brassant l'eau. Il en existe de deux types. Le premier est formé de grosses hélices qui fonctionnent un peu à la manière d'un ventilateur, mais dans l'eau. Les appareils classiques provoquent un mouvement descendant et doivent donc être placés près de la surface. Le déstratificateur de Garton (*Garton propellor*) est le plus connu de ces instruments et a été mis au point il y a une trentaine d'années (Quintero & Garton, 1973). Il équipe deux lacs de l'Oklahoma, l'Arbuckle et le Ham's. D'autres appareils, moins utilisés, causent des mouvements plus variés, ascendants et obliques (Barroin, 1999). La déstratification n'est pas aussi complète que dans le cas des injecteurs d'air (Henderson-Sellers, 1982) tandis que leur coût est nettement plus élevé.

Le second type de déstratificateur à mélange mécanique est constitué par les systèmes de pompage hydraulique (*hydraulic pumping systems*, Tolland, 1977, Henderson-Sellers, 1982). Les pompes chassent de l'eau épilimnique vers le fond ou, au contraire, de l'eau hypolimnique en direction de la surface. Le pompage hydraulique a surtout été essayé en laboratoire (Dortch, 1979), plus rarement en plan d'eau. Les lacs Vesuvius et Boltz ont cependant profité de cet instrument (Symons *et al.*, 1970).

Question financière mise à part, la question, pour le choix de l'appareil, est de savoir si on préfère détruire la stratification par le bas ou par le haut. Dans le cas d'un fonctionnement en continu, ou avant la mise en place de la stratification, cela importe assez peu. En revanche, si on démarre l'appareil alors qu'une stratification est déjà en place, le problème se pose, tout en obligeant à commencer à bas régime, puis à monter en puissance progressivement, afin de ne pas bouleverser le plan d'eau brutalement. Dans le cas d'un brassage par le bas, choix le plus fréquent, une micro-stratification superficielle peut se mettre en place, dans laquelle le phytoplancton trouve des conditions très favorables au développement et à la concentration. Cela a été observé dans le lac californien d'El Capitan (Fast, 1973) et cet exemple conduit au problème des effets secondaires.

Les effets secondaires de la déstratification artificielle d'un lac sont importants, puisque le fonctionnement physique du plan d'eau est transformé, donc aussi sa marche chimique et biologique. Des processus se mettent en place, qui agissent et rétroagissent dans le volume lacustre à des échelles de temps parfois différentes. On se contentera d'un exemple. Le brassage emporte vers le bas l'ensemble du plancton. Or le phytoplancton, qui se reproduit le plus vite, réapparaît en surface avant que le zooplancton n'ait pu le faire. Le zooplancton n'étant plus là pour brouter le phytoplancton, celui-ci fait une poussée en surface. Avant que l'ensemble de la biomasse ne retrouve son équilibre, il peut y avoir un développement phytoplanctonique important, qui donne l'illusion qu'on a augmenté l'eutrophisation en voulant la diminuer. Ce problème n'est que temporaire, mais, dans régions où l'été est court, il peut prendre des proportions certaines. Tous les autres effets secondaires sont du même type, réclamant une connaissance géographique du plan d'eau, dans ses échelles spatiales d'étagement, de zonation, de volume, et dans ses échelles temporelles d'inertie, de décalages, de cycles.

b. Les déstratificateurs thermiques en France

Un déstratificateur thermique est un investissement qui revient à environ 150 000 euros (1 million de francs) à l'installation. Ensuite, le budget de fonctionnement est à peu près de 15 000 euros (100 000 francs) par an. L'ouest de la France concentre les principaux déstratificateurs. Trois exemples peuvent être pris : en Bretagne, barrant la rivière de Pont l'Abbé, celui de Moulin Neuf ; en Bas Poitou, barrant la Vendée, le lac de Mervent (dit aussi de Pierre Brune) ; aux confins du Limousin et de l'Angoumois, barrant la Moulde juste avant le confluent avec la Charente, le lac de Mas Chaban. Bien que le coût soit nettement moindre que celui d'un oxygénateur à séparation des gaz, il convient d'en avoir un usage circonstancié et de mener une réflexion concernant les projets d'équipement d'autres lacs.

En Pays Bigoudin, l'apport du bassin en nutriments est élevé, du fait de la forte densité de population ainsi que des rejets agricoles et piscicoles. Depuis sa mise en eau en 1977, le lac de Moulin

Neuf montre une eutrophisation avancée, qui se manifeste par une production cyanobactérienne gênant la production d'eau potable. Or cet usage a été le fondement de la création de la retenue. Avant le choix du traitement limnophysique, des essais d'action limnochimique avaient été effectués. En Vendée, le lac de Mervent souffrait aussi de désoxygénation des eaux de fond et de développement de cyanobactéries en surface, d'où des difficultés de traitement de l'eau potable ainsi que de nombreuses plaintes de touristes gênés par les odeurs nauséabondes de la base de loisirs située en aval. Dans les lacs angevois, le problème de l'eutrophisation n'est pas crucial et une lutte acharnée ne s'impose pas forcément à ce sujet, bien que cela ne puisse être que bénéfique et qu'il faille louer la précaution d'avoir installé un équipement de déstratification dans le lac de Mas Chaban. Les eaux de la Charente supérieure sont de classe 1A à 1B et le lac de Lavaud a des teneurs en phosphates inférieures à $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ (Thybaud, 1997). Une autre question pourrait être celle de l'eau d'irrigation puisée dans l'émissaire, alimentée jusqu'à présent au début de l'été par de l'eau hypolimnique, qui pourrait être jugée trop froide pour les plantes cultivées. La déstratification réchauffe alors les eaux profondes. Cela permettrait surtout à la Charente, si l'hypolimnion disparaissait, d'être bien mieux oxygénée lors du fonctionnement des vannes de fond.



Photo 6 Rideau de bulles dû au déstratificateur à injection d'air du lac de Mas Chaban
Cliché L. Touchart (2000)

Le cas de la haute Charente mérite d'être développé, car il est projeté d'équiper le lac de Lavaud, une retenue voisine et de même dimension que celle de Mas Chaban, du même appareil. Le déstratificateur installé dans le lac de Mas Chaban est du type à injection d'air (photo 6). Il s'agit d'un

déstratificateur *Aqua Technique*, constitué de deux rampes de bullage s'étirant sur 750 m de long dans la partie la plus aval et la plus profonde du lac, qui atteint 20 m. Elles sont ancrées, tout en flottant un peu au-dessus de l'ancien talweg de la Moulde. Un compresseur est installé au nord-est du lac, à côté de la digue en rive droite, et alimente le système en air. Il se met en marche ou bien manuellement ou bien automatiquement. Dans ce dernier cas, le déclenchement se produit de lui-même dès que la différence de température entre les cotes hypsométriques 221 et 211,5 m atteint 2 °C. Cet écart correspond aux thermomètres de la vanne du haut et de celle de fond.

Mis en eau en 1988 aux confins du Limousin et de l'Angoumois, le lac de Lavaud possède une tranche d'eau d'une quinzaine de mètres, susceptible de connaître une stratification thermique saisonnière. Elle a été vérifiée quand le Conseil Général de la Charente a réalisé pendant trois étés successifs des profils en un point (à la digue), uniquement en journée, au pas de temps d'une fois par semaine en 1995 et 1996 et une fois toutes les deux semaines en 1997. Pour éviter cette stratification dans le lac de Mas Chaban, mis en eau en 2000, il a été décidé de le munir d'un déstratificateur thermique, destiné à rendre homotherme sa tranche d'eau d'une vingtaine de mètres. Les mesures du Conseil Général ont été ici effectuées toutes les semaines du 27 mars au 28 août 2000, en deux points : le premier à la digue, le second à 500 m en amont, c'est-à-dire à 250 m en aval de la terminaison du déstratificateur, dans les deux cas à proximité de l'axe de l'aérateur.

Au Mas Chaban comme à Lavaud, les profils ont été construits grâce à des mesures prises tous les mètres. Nonobstant le problème de données qui concernent en fait des années différentes pour les deux plans d'eau, la comparaison des deux lacs, de morphométrie équivalente et situés dans le même contexte climatique et hydrologique, permet de comprendre le fonctionnement thermique en bloquant une seule variable : la présence ou non d'un déstratificateur.

Les profils thermiques de Lavaud (Thybaud, 1998, Savy, 2000) montrent l'évolution de la stratification, certes laissée libre dans le sens où aucun équipement n'aère l'eau, mais perturbée par la très forte diminution du niveau d'eau tout au long de l'été (fig. 63). Au printemps, quand la tranche d'eau est de 14 à 15 m, le lac commence à se stratifier. La plupart des profils présentent une couche de brassage de 3 à 6 m d'épaisseur, surmontant un saut thermique d'une dizaine de mètres se poursuivant jusqu'au fond. Ce saut varie sur de nombreux transects de 0,8 à 1,2 °C, mais tend à s'accroître de mai à juin, en même temps que la température de surface passe de 16-18 °C à 22-24 °C. Ce saut thermique, dont les valeurs sont à la limite de la thermocline, a en 1995, une forme convexe dénotant une amorce de couche de fond, et cette forme s'incurve de plus en plus lors de l'avancée de la saison. En 1996 et 1997, le saut thermique est plus linéaire.

En juillet et août, cependant que la tranche d'eau passe d'une quinzaine à une dizaine de mètres d'épaisseur, la stratification n'est plus contestable quant aux valeurs des gradients thermiques. En ce qui concerne l'étagement en soi, sous forme de distinction de masses d'eau et de l'isolement d'une couche de fond, la situation est moins claire.

En 1995, l'étagement est établi. L'épilimnion a une épaisseur de 3 à 4 m, et, à l'intérieur de celui-ci, des thermoclines temporaires de surface peuvent se mettre en place. La température atteint alors une trentaine de degrés, comme le 2 août 1995, puis la thermocline secondaire disparaît par brassage forcé. En dessous de l'épilimnion, un métalimnion assez stable est composé d'une thermocline-mère. Il correspond à un saut thermique qui fait perdre 10 à 12 °C en 2 à 4 m. En dessous, un hypolimnion s'étend jusqu'au fond, sur 7 m d'épaisseur au début de l'été. Mais la baisse du niveau d'eau le réduit au fur et à mesure de l'avancée de la saison. La température de l'hypolimnion a été remarquablement stable à environ 12 °C pendant tout l'été 1995.

En revanche, en juillet et août 1996 et 1997, sous un épilimnion de 3 à 5 m, un saut thermique épais d'une dizaine de mètres conduit jusqu'au fond, sans faiblir de gradient. En 1996, les oscillations de cette thermocline sont importantes, s'opposant aux valeurs stables de 1995. En 1997, la thermocline est plus ou moins fixe durant tout l'été, comme en 1995, et forme incontestablement un métalimnion. Mais il atteint le fond¹⁵, comme en 1996. Au total, lors des deux dernières années, aucun hypolimnion n'est décelable.

¹⁵ Nous ne nous attachons pas ici à l'étymologie de métalimnion, puisqu'il va jusqu'au fond, mais à la définition de saut thermique à durabilité saisonnière.

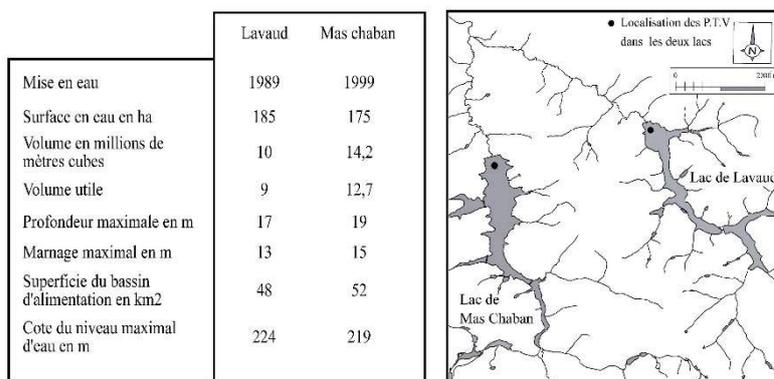
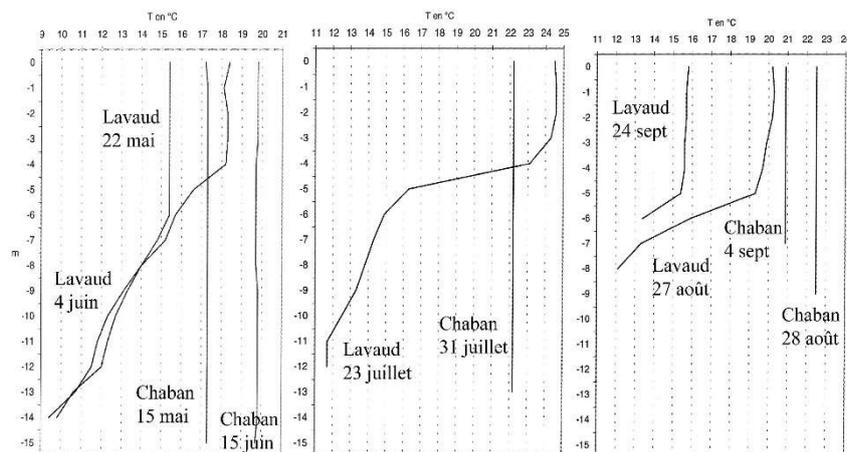


Fig. 63 Profils thermiques en fonction de la profondeur (PTV) dans un lac de fonctionnement libre (Lavaud) et un lac déstratifié (Mas Chaban)
Conception et réalisation B. Savy et L. Touchart, Univ. Limoges, EA 1086 TSP

En septembre, le niveau peut descendre à seulement 5 m (9 septembre 1997), mais se trouve en général aux alentours de 7 à 8 m. En 1995, l'hypolimnion a été détruit de deux manières. D'abord, en cette fin d'été, l'épilimnion était de plus en plus épais, atteignant 6 m dès le 30 août. Ensuite, le soutirage destiné à soutenir le débit de basses eaux de la Charente se poursuivant, le niveau du plan d'eau ne cessait de baisser, englobant d'abord l'hypolimnion, puis le métalimnion. Finalement, le 13 septembre 1995, le lac tout entier se réduisait à un épilimnion, une couche chaude et homotherme, qui atteignait une profondeur de 7 m et une température de 18 °C à la digue. En 1996 et 1997, en l'absence d'hypolimnion, c'est le saut thermique profond qui a été détruit de cette manière, en partie la première année, du fait d'un épilimnion ne s'épaississant pas beaucoup, en totalité la seconde année.

A l'opposé de cette évolution saisonnière du lac de Lavaud, les profils thermiques du Mas Chaban (Savy, 2000) montrent comment un déstratificateur empêche la mise en place d'un étagement thermique et provoque une homothermie permanente (fig. 63). Les profils thermiques sont remarquablement verticaux pendant tout le printemps et tout l'été. Il n'y a aucune stratification ; les gradients sont inférieurs à cinq centièmes de degré par mètre de mars à fin août, sauf lors de deux journées de juin, pendant lesquelles ils sont compris entre cinq et dix centièmes de degré par mètre. Le brassage permanent transfère en profondeur la chaleur gagnée par la radiation tout en homogénéisant la masse d'eau. La température de la tranche se contente donc d'augmenter pendant tout le printemps, mais sans différence de haut en bas. Elle passe de 9 °C à la fin du mois de mars à 15 °C fin avril début mai. Les 20 °C sont dépassés dès la deuxième décennie de juin et la tranche homotherme culmine à 23,6 °C dans la troisième décennie d'août, avant de voir sa température rebaisser en septembre.

Il s'ensuit que l'eau de surface du Mas Chaban est moins chaude que celle de Lavaud pendant tout l'été. La chaleur est en effet répartie dans toute la masse d'eau par le brassage général provoqué par le déstratificateur, au lieu de se concentrer en surface. La différence, manifeste par comparaison avec les étés 1995 à 1997, ne peut cependant pas être quantifiée, puisqu'il n'existe pas de profil en l'an 2000

dans le lac de Lavaud. L'écart est plus grand en profondeur. Pour les trois années connues, l'eau du lac de Lavaud n'a jamais atteint 12 °C à 14 m de profondeur et n'a dépassé 13 °C à 10 m qu'en 1997. En revanche, le 3 juillet 2000, l'eau du Mas Chaban est homotherme à près de 23 °C sur une tranche d'eau de 15 m d'épaisseur. Le 21 août, elle est de 23,5 °C sur une colonne qui a encore 12 m de profondeur. Ainsi, malgré l'absence d'année commune de mesure avec Lavaud, on peut penser que l'eau de fond du lac de Mas Chaban est augmentée d'au moins une dizaine de degrés par l'action du déstratificateur.

L'effet permanent de l'injecteur d'air a même été prouvé par la panne de celui-ci pendant deux journées. Le 24 avril 2000, les conditions atmosphériques n'étaient pas les plus favorables à une forte stratification. L'homothermie se détruisit cependant immédiatement et un écart de 2,1 °C se mit en place entre la surface et le fond. Mais ce fut le 1^{er} mai, pendant lequel le déstratificateur trouva plus décent de s'arrêter de travailler, qui se changea en jour de fête pour la stratification. L'écart entre le sommet et la base de la tranche d'eau atteignit aussitôt 7,9 °C, dont 5 °C pour une thermocline de surface défilant sur les quatre premiers mètres.

Au total, le fonctionnement du lac est donc bouleversé par l'action de l'injecteur d'air. L'homothermie est parfaite pendant toute la saison chaude. Les effets bénéfiques d'oxygénation du fond et du brassage permanent doivent être rappelés ici. Au-delà de quantification scientifique, nous pouvons témoigner être allé sentir, à la fin du mois de juillet 2000, l'eau de l'émissaire de chacun des deux lacs juste à la sortie du barrage. Celle de la Charente empestait l'œuf pourri caractéristique d'une eau hypolimnique, tandis que le même jour, l'eau de la Moulde était parfaitement inodore. Cet aspect est essentiel pour le tourisme. Dans le cas du lac de Mervent, les plaintes des utilisateurs de la base de loisirs ont disparu depuis l'installation du déstratificateur et l'eau traitée ne possède plus de goût. Les effets secondaires ne sont cependant pas absents. Dans le cas du Mas Chaban, il semble que la modification directe majeure réside dans le fort réchauffement des couches profondes, dont les valeurs ont été citées¹⁶.

3. LES SYSTEMES D'EVACUATION D'EAU ET LES EMISSAIRES

A l'intérieur de tous les caractères qui distinguent les eaux stagnantes des eaux courantes, Wilhelm (1960) a montré que la température est sans aucun doute le facteur qui oppose le plus les premières aux secondes. C'est donc, en aval d'un lac ou d'un étang, le degré de chaleur qui bouleverse le plus les émissaires.

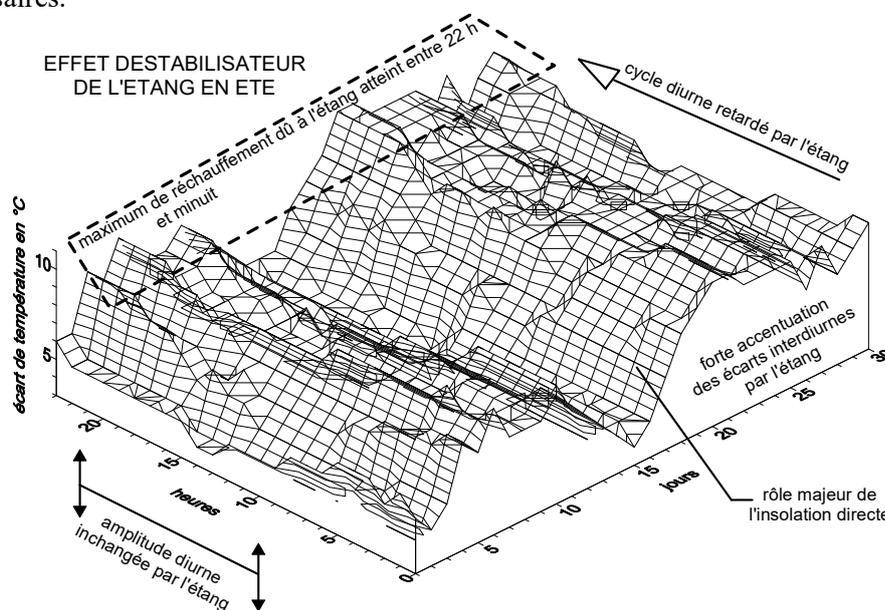


Fig. 64 Bloc-diagramme hydro-thermo-isoplèthe relatif de la différence entre l'aval et l'amont de l'étang du Theil (étang limousin à déversoir de surface) en juin 1998

D'après Touchart (2001a)

¹⁶ Il ne nous appartient pas d'en tirer des conclusions biologiques. D'une manière générale, selon Barroin (1999, pp. 111-112), « le plus important effet secondaire indésirable reste cependant l'augmentation de la température des eaux profondes, nuisance qui concerne essentiellement la survie des poissons d'eau froide ».

De tous les paramètres physico-chimiques, la température de l'eau se trouve être celui dont la perturbation par un lac se propage le plus loin sur un émissaire fluvial. Cette conclusion de Williams (1968) s'appuie sur des travaux montrant que l'influence peut rester tout à fait perceptible jusqu'à une centaine de kilomètres en aval de certaines retenues d'eau. Il n'est que de suivre, dans les très grands organismes, les microclimats lacustres s'étirant le long des effluents. Relayé par l'Angara, celui du Baïkal reste décelable sur une centaine de kilomètres en aval de la Perle de la Sibérie (Touchart, 1998). Pourtant, les modalités de la dégradation vers l'aval du caractère lacustre des eaux des émissaires sont mal connues et peu quantifiées. La principale question, d'un point de vue limnophysique, semble être de savoir si les segments fluviaux ont le temps ou non de reconstituer leurs caractères thermiques et oxymétriques d'eaux courantes avant de recevoir l'influence d'un nouveau plan d'eau.

Les aménagements humains ont en effet démultiplié le nombre de lacs et les chaînes de plans d'eau artificiels sont désormais fréquentes. En outre, dans ce cas, et contrairement aux lacs naturels, l'émissaire est loin d'être toujours alimenté par des eaux superficielles. Le soutirage des eaux hypolimniques, en général froides mais désoxygénées, aura une influence opposée à celle du déversement des eaux de surface. Il s'agit ensuite de déterminer dans quelle mesure la dérive de cette eau d'origine lacustre modifie les conditions fluviales et comment ces dernières sont susceptibles de se rétablir. Concernant ce dernier point, les études portent surtout sur la biologie des invertébrés (Radford & Hartland-Rowe, 1971, Cushman, 1985). Ces modalités dépendent du fonctionnement interne du plan d'eau et de la profondeur de la prise alimentant le cours d'eau. Les principales possibilités d'influence lacustre modifiant les conditions fluviales ont en général été déduites de l'étude des émissaires de la zone tempérée. Celles sur lesquelles la littérature insiste le plus souvent se trouvent être le réchauffement superficiel, le refroidissement profond, les liens avec les débits et les variations dans le temps.

La bibliographie souligne les points suivants : (1) le réchauffement par une alimentation en déversoir de surface, qui est en général reconnu pour nuire aux Salmonidés et favoriser les poissons blancs, les Cyprinidés (Roux & Copp, 1993). Cependant l'oxygénation, issue de l'importante photosynthèse dans la couche supérieure du lac, est souvent élevée. (2) Le refroidissement par un soutirage d'eau de fond, souvent vanté pour reconstituer des conditions favorables aux Salmonidés¹⁷ (Penaz *et al.*, 1968), mais dont il ne faut pas oublier qu'il peut s'accompagner de désoxygénation et de substances nutritives ou toxiques relarguées dans l'eau de fond à partir des sédiments. Il est ainsi révélateur qu'en aval des lacs de barrage refroidissant l'eau fluviale, la conductivité soit augmentée (McCarron & Keighton, 1967, 1969). (3) Les relations entre températures et débits, notamment par réchauffement dû à des baisses artificielles des quantités d'eau relâchées en été ou par refroidissement dû à des hausses artificielles de soutirages de fond estivaux (Mackie *et al.*, 1983, Weisberg *et al.*, 1990). (4) La fréquence de brusques sautes de température ou les modifications thermiques saisonnières, qui perturbent l'écosystème fluvial, des invertébrés benthiques (Lehmkuhl, 1972, Ward & Stanford, 1979, Boon, 1988, Saltveit *et al.*, 1994) aux poissons (Brooker, 1981, Crisp, 1987)¹⁸. Certains auteurs ont avancé que plus l'échelle de temps était courte, plus l'influence lacustre sur les températures fluviales était forte (Jaske & Goebel, 1967).

¹⁷ « Le déversement d'eaux de surface à température élevée pourra être préjudiciable au peuplement piscicole d'un cours d'eau à salmonidés qui deviendra alors à cyprinidés dominant. Inversement l'alimentation d'une rivière à cyprinidés pourra subir une sorte de « rajeunissement » par libération d'eaux froides de fond qui attireront les salmonidés » (Roux & Copp, 1993, p. 165).

¹⁸ « Les variations de température subies par le cours d'eau à l'aval sont susceptibles de provoquer des chocs thermiques ; c'est le cas pendant les étiages estivaux lorsque les ouvrages procèdent à des éclusages d'eau froide : en 1976, les éclusées des barrages de l'Ain faisaient fluctuer les températures entre 18 et 26°C. Des mortalités de poissons sont également enregistrées lorsque les réductions artificielles de débit permettent le réchauffement du cours d'eau » (Bravard & Petts, 1993, p. 247).

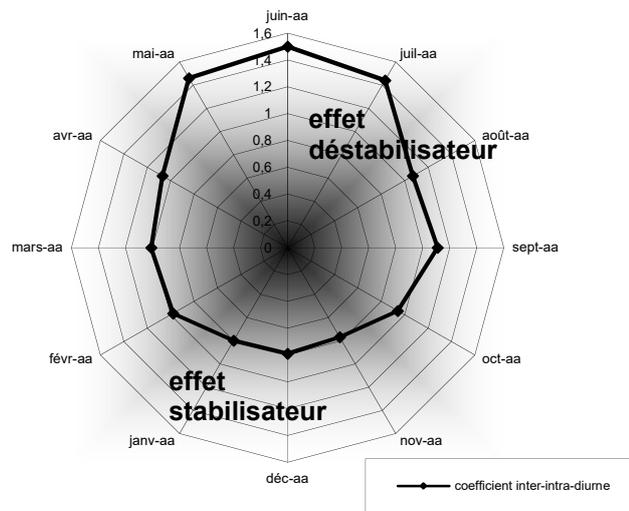


Fig. 65 Graphique de l'effet de l'étang du Theil sur les variations croisées interdiurnes et intradiurnes de la température de l'eau fluviale
D'après Touchart (2001b)

$$C = \frac{Mv Jv}{Mm Jm}$$

C : coefficient inter-intra-diurne entre l'amont et l'aval ; Mv : amplitude mensuelle de température (différence entre la moyenne quotidienne la plus haute et la plus basse du mois) en aval de l'étang ; Mm : amplitude mensuelle de température (différence entre la moyenne quotidienne la plus haute et la plus basse du mois) en amont de l'étang ; Jv : moyenne des amplitudes diurnes apériodiques en aval de l'étang ; Jm : moyenne des amplitudes diurnes apériodiques en amont de l'étang.

La profondeur de la prise d'eau alimentant l'émissaire conditionne l'une ou l'autre incidence précédente. Sur les ouvrages offrant la possibilité de jouer avec les différents niveaux de soutirage, les simulations mathématiques peuvent permettre un choix de réglage des vannes (Beard & Willey, 1970).

Une recherche a été menée plus précisément sur les étangs et les lacs de barrage en milieu tempéré océanique (Touchart, 2001b). Les étangs à déversoir de surface réchauffent l'eau de l'émissaire pendant une longue saison chaude et la refroidissent pendant une courte saison froide, augmentant ainsi largement l'amplitude annuelle. Au début de l'été, les moyennes mensuelles de réchauffement peuvent dépasser les 7°C et les écarts instantanés entre l'aval et l'amont d'un étang peuvent atteindre 14 °C. (fig. 64).

Les étangs à déversoirs avancent le cycle annuel du cours d'eau et retardent le cycle diurne. La mise au point d'un coefficient quantifiant le caractère stabilisateur ou déstabilisateur de l'influence des plans d'eau à l'échelle cumulée du cycle diurne et des variations interdiurnes nous a permis de montrer que, sur l'année, les étangs à déversoir augmentaient les sautes thermiques. Cette instabilité annuelle est due à l'ampleur de l'instabilité du semestre chaud, pendant lequel l'étang accentue bien plus les variations interdiurnes qu'il n'atténue les écarts intradiurnes. En revanche, pendant le semestre froid, les étangs à déversoir ont tendance à stabiliser le cours d'eau (fig. 65). L'équivalent de ce coefficient peut être visualisé sur des thermo-isoplèthes relatives de la différence entre la sortie et l'entrée de l'étang. Nous avons montré que celles-ci pouvaient en outre permettre de déterminer l'origine des variations de la différence sortie-entrée : en été, c'est le plan d'eau qui les commande, en hiver, c'est le cours d'eau affluent.

Les chaînes d'étangs à déversoir de surface accentuent encore le réchauffement estival, mais, dans le cas où un seul cours d'eau est barré sans apport extérieur d'affluents, le premier étang contribue pour l'essentiel (plus des trois quarts dans la chaîne du Theil) du réchauffement total. La succession des bilans thermiques et la morphométrie de chaque plan d'eau jouent un rôle tel que la généralisation des résultats est plus complexe que pour les étangs isolés.

Les étangs à déversoir situés en altitude diminuent l'amplitude diurne des cours d'eau plus encore que ceux des bas plateaux. Ils augmentent les écarts interdiurnes moins que leurs homologues de basse altitude. Au total, à l'échelle de l'année, un étang au-dessus de 800 m d'altitude a plutôt un effet stabilisateur sur le cours d'eau, à l'inverse d'un étang de bas pays.

Les étangs à moine (évacuateur des eaux de fond) réchauffent eux aussi l'eau des cours d'eau, mais avec des valeurs moindres que ceux à déversoir. Surtout, ils réchauffent beaucoup moins les maxima et ont même tendance à diminuer les fortes valeurs de l'affluent au printemps et en début d'été (fig. 66). En revanche, les minima sont fortement augmentés, plus que dans un étang à déversoir.

La plus grande différence entre les étangs à déversoir et à moine réside dans le fait que les seconds diminuent systématiquement toutes les sautes thermiques à courte échelle de temps. Les amplitudes sont énormément diminuées, jusqu'à plus des trois quarts des valeurs fluviales à l'année, et les écarts interdiurnes le sont aussi. Au total, les étangs à moine stabilisent fortement les caractères thermiques des cours d'eau.

Les lacs de barrage dans lesquels l'eau est puisée dans l'hypolimnion refroidissent les cours d'eau de plusieurs degrés pendant la saison estivale, trait qui n'existait pas dans les étangs à moine, où, au mieux, l'eau était puisée dans l'épilimnion inférieur et le métalimnion. L'amplitude diurne est fortement diminuée et le cycle diurne est retardé.

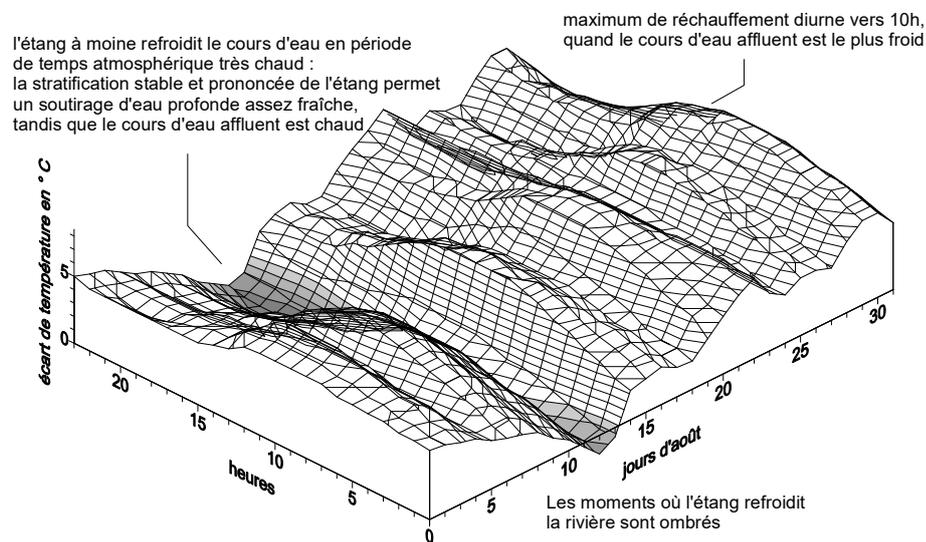


Fig. 66 Bloc-diagramme hydro-thermo-isoplèthe relatif de la différence entre l'aval et l'amont de l'étang de la Pouge (étang limousin de 5,60 m à moine) en août 1998
D'après Touchart (2001b)

Le linéaire fluvial influencé par les plans d'eau peut être estimé par différentes approches. Sur un émissaire de rang 4 en aval d'un étang de 40 ha et 2,50 m de profondeur, le réchauffement de plusieurs degrés se fait sentir jusqu'à environ 3 km du déversoir lors des fortes chaleurs estivales. A une dizaine de kilomètres de l'étang, le réchauffement n'est plus que de quelques dixièmes de degré. En fin d'été, quand le réchauffement de l'étang a diminué, une forte influence sur l'émissaire ne se décèle guère à plus d'1 km de l'étang. Une étude fine du premier kilomètre a montré que les segments ensoleillés ralentissaient la tendance au refroidissement de l'effluent, tandis que les secteurs à l'ombre l'accéléraient (Touchart, 2001b). Les apports hydrographiques, sources, buses et, *a fortiori*, affluents compliquent l'évolution (fig. 67).

L'influence des lacs de barrage se fait sentir sur des linéaires plus importants. Pour tous les critères, l'influence du lac de Lavaud sur la Charente est sensible jusqu'à une douzaine de kilomètres du barrage, plus d'une trentaine pour certains paramètres. Sur la Dordogne, les grands lacs du cours supérieur ont une influence nette jusqu'à une vingtaine à une trentaine de kilomètres en aval de la digue d'Argentat. Une simulation thermique a montré que, à 160 km du barrage, une variation de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ des lâchers ne modifierait pas la température de plus de 0,2 à 0,5 °C (Martinez, 1998).

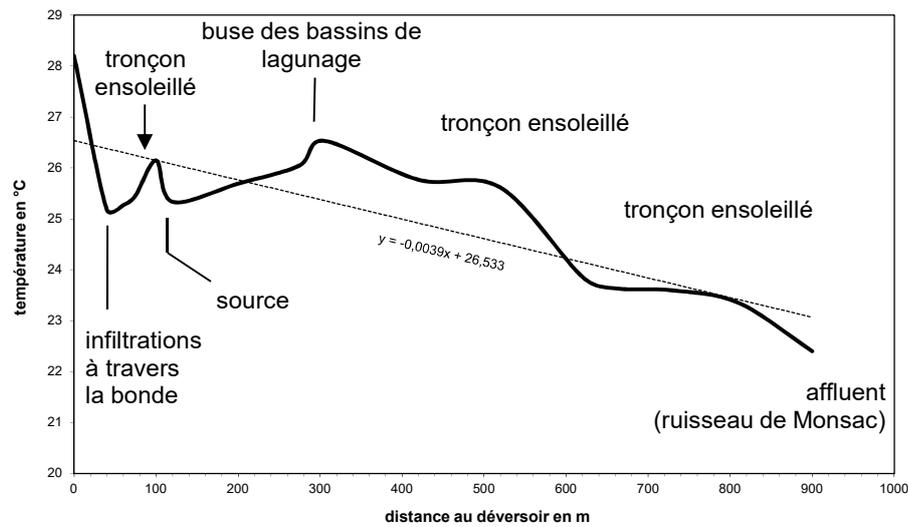


Fig. 67 Courbe des températures synchrones de l'émissaire de l'étang de Cieux (étang de 40 ha à déversoir de surface) le 10 août 1998 à 16 h
D'après Touchart (2001b)

Dans tous les cas, des étangs jusqu'aux grands lacs de barrage, les mesures effectuées en Limousin montrent plutôt que le linéaire fluvial influencé par un plan d'eau est relativement court (Touchart, 2001b). Le rééquilibrage est fort sur une distance assez petite en aval de l'étang ou du lac. Cela est corroboré par certaines études réalisées dans d'autres régions, par exemple en aval du lac de Gréoux, où, en été, le Verdon reprend 7 °C en seulement 9 km (Angelier, 2000, p. 137).

En regroupant l'ensemble, la température de l'eau évolue le long du réseau hydrographique, en étant principalement influencée par les données climatiques et hydrologiques, superficielles et souterraines. Aujourd'hui, le rôle des plans d'eau artificiels est considérable. Les mesures en continu sur un grand nombre de sites et leur traitement géographique autorisent une cartographie de l'évolution des températures de l'eau d'amont en aval, tenant compte des lacs, des étangs, des sources, des affluents, de la tentative des émissaires à rétablir leurs traits fluviaux d'amont en aval.

Il est alors possible de proposer quelques solutions de limnologie physique appliquée à une meilleure gestion des plans d'eau, sachant par exemple que l'administration encourage largement les possesseurs d'étangs à munir leur plan d'eau d'un moine. S'il ne nous appartient pas de porter un jugement positif ou négatif sur tel ou tel équipement, nos recherches prouvent cependant qu'une sortie de surface ou un soutirage de profondeur ont des effets thermiques très différents en milieu tempéré océanique. Le fait même de choisir un déversoir superficiel ou un moine ne peut plus être considéré comme égal ou de conséquence négligeable.

La cause réside dans la stratification thermique de tous les étangs de quelques mètres de profondeur, de façon beaucoup plus durable et plus prononcée qu'il n'est en général écrit. Or les étangs à moine réchauffent le cours d'eau avant tout en fonction des brassages, tandis que les étangs à déversoir de surface le réchauffent surtout en fonction de l'insolation.

L'eau de fond des étangs est, comme attendu, plus froide que l'eau de surface, sauf au cœur de l'hiver. Mais, du fait de l'emmagasinement de la chaleur par radiation directe et convection mécanique, l'eau de fond des étangs de taille moyenne est plus chaude que l'eau des rivières tributaires. Ce dernier point, qui n'avait pas été souligné jusqu'à présent, remet en cause l'effet rafraîchissant attendu du moine.

Bien que l'eau fluviale soit, au contraire de ce qu'on entend souvent dire, en général réchauffée par les étangs à moine, cela ne signifie pas pour autant que ce type d'équipement soit inutile. Il ne faut cependant pas en surestimer les capacités, ni vouloir lui faire produire ce qu'il ne peut pas, c'est-à-dire une eau constamment froide en été. Il convient aussi d'être conscient d'un certain nombre d'effets secondaires allant plutôt à l'inverse de ceux habituellement escomptés, comme le fait que les minima thermiques seront assez largement réchauffés, de même que les fins d'été et les débuts d'automne.

Une fois ces précautions assimilées, un moine peut être préconisé si l'on veut réduire les valeurs totales de réchauffement, voire lors des périodes estivales caniculaires et peu ventées, aboutir à un léger rafraîchissement du cours d'eau. Cet aspect, qui peut être considéré comme bénéfique, a cependant pour cause une stratification thermique stable et prononcée, donc pour corollaire une certaine désoxygénation.

Les moines doivent surtout être conseillés, si l'on souhaite préserver les cours d'eau des forts réchauffements printaniers et de début d'été, abaisser les maxima thermiques nuisibles aux organismes vivants et diminuer les sautes brutales de température. De fait, c'est dans l'énorme réduction des écarts thermiques à courte échelle de temps que le moine semble provoquer l'effet le plus recherché. Pérenne, son effet stabilisateur est même le plus prononcé pendant les mois les plus chauds, justement quand les organismes en ont le plus besoin.

L'installation d'un moine constituant un certain investissement, il convient de s'interroger sur la pertinence ou non de munir les étangs d'un tel équipement. Dans les conditions climatiques de l'ouest de la France, il est possible d'avancer les conclusions suivantes.

Pour les étangs pelliculaires, de moins d'1 m de profondeur, le système d'évacuation des eaux importe peu, toute sortie alimentant quoi qu'il en soit l'émissaire en eau d'épilimnion supérieur, homogénéisée chaque nuit. Toute amélioration de la qualité thermique de l'émissaire ne pourra provenir que de la construction d'une dérivation. Le mieux serait qu'elle fit plusieurs centaines de mètres, distance nécessaire au rétablissement des caractères fluviaux de l'eau évacuée par l'étang.

Entre 1 et 3 à 4 m de profondeur, le moine fournit généralement une eau sans saute thermique, mais, pendant une dizaine de jours cumulés sur l'été, le réchauffement du cours d'eau pourra être très important, supérieur à 5 à 6 °C. Un moine seul peut être conseillé, l'oxygénation complète du plan d'eau se produisant environ une fois par décade pendant la saison chaude.

Entre 3-4 m et 5-6 m, un moine situé au fond de l'étang soutire une eau différente de celle d'un déversoir de surface pratiquement pendant la totalité de la saison chaude. L'eau de sortie est relativement peu réchauffée par rapport à celle d'entrée et les écarts thermiques sont écrasés. L'eau a en revanche tendance à se désoxygéner. Quelques heures, réparties sur trois ou quatre jours, peuvent faire exception sur tout un été. Si un moine doit être posé, il est préférable de l'accompagner d'équipements annexes destinés à améliorer la qualité de l'eau, notamment une cascade de réoxygénation.

Au-delà de 6 m, les plans d'eau possèdent une couche profonde isolée saisonnièrement de la surface. L'existence d'un moine aura pour conséquence de puiser une eau hypolimnique, de température fraîche et stable pendant toute la saison chaude, mais qui aura séjourné au contact de sédiments anoxiques et réduits. Le fonctionnement par moine se rapproche alors de celui d'une vanne de fond d'un lac de barrage.

Les seuils précédents concernent des plans d'eau de quelques hectares. Sur les étangs très étendus, la course du vent affaiblit la stabilité, si bien que la réflexion concernant la validité de l'installation de moines doit s'appuyer sur des valeurs de profondeur plus grandes. Dans des étangs d'une trentaine ou d'une quarantaine d'hectares, il suffit de flux d'air de neuf à dix kilomètres par heure pour détruire la stratification thermique des premiers mètres. Les sautes de température sont ainsi plus fréquentes dans l'émissaire, même quand un moine a été installé, d'autant que des anomalies de zonation thermique horizontale ne sont pas à exclure.

Ces plans d'eau intermédiaires conduisent aux lacs à proprement parler. Dans le cas de plans d'eau de plusieurs centaines d'hectares, le seuil de micticité saisonnière semble se trouver à au moins 8 m de profondeur dans les conditions climatiques de l'Angoumois et du Limousin. Si cette limite est dépassée, la stratification thermique a tendance à être permanente pendant la totalité de l'été. Dans un contexte de gestion des lacs de barrage, la question se pose alors de savoir s'il est pertinent de lutter ou non contre l'étagement des masses d'eau.

D'un point de vue strictement thermique, on peut dire que, si l'on empêche la stratification de s'installer, le degré de chaleur de l'émissaire est augmenté, par rapport à un soutirage hypolimnique classique. Le jeu de vannes à différents niveaux dans un lac stratifié donne une plus grande souplesse à la gestion de la température de l'eau de sortie du barrage que la pose d'un déstratificateur. En revanche, dans le second choix, l'oxygénation du lac se fait sur toute la tranche, jusqu'aux sédiments. L'installation d'un aérateur à séparation des gaz ne détruisant pas la barrière thermique cumulerait les deux avantages et permettrait l'utilisation efficace des différents niveaux de vannes, tandis que la déstratification rend leur action égale, donc non modulable.

Conclusion de l'ensemble du chapitre IV

Les typologies hydrophysiques et mictiques des lacs sont nombreuses. Celles qui ont fait date sont celles de Forel (1895), Findenegg (1935), Hutchinson et Löffler (1956), Paschalski (1964) et Lewis (1983). Parmi les problèmes rencontrés, celui de l'épaisseur de la tranche d'eau a toujours eu une place de choix, si bien que l'étude détaillée des rythmes de brassage d'étangs profonds était susceptible de contribuer à la progression des connaissances fondamentales à ce sujet. Sur ce plan, nous avons suggéré que l'approche des variations interannuelles n'avait peut-être pas été assez approfondie dans les classifications existantes et nous proposons de distinguer les plans d'eau réguliers et irréguliers. Les typologies de limnologie dynamique sont beaucoup plus rares. A cet égard, le critère des variations de niveau croisées à la notion de rhéisme est une suggestion nouvelle. Il est possible de séparer aussi le fonctionnement physique et dynamique des lacs en fonction des zones et domaines climatiques.

Mais le caractère appliqué de la recherche typologique est essentiel. Le classement des plans d'eau en fonction de leur mode de gestion, des enjeux liés à leurs usages, de l'équipement de leur exutoire, de la profondeur de soutirage de l'eau est une approche nécessaire aux prises de décision pour l'aménagement des plans d'eau, avant tout artificiels mais aussi naturels.

BIBLIOGRAPHIE

- Ackermann W.C., White G.F. & Worthington G.B., Ed, 1973, *Man-Made lakes : their problems and environmental effects*. Washington D.C., American Geophysical Union, Geophysical Monograph 17, 847 p.
- Acot P., 1999, « François-Alphonse Forel dans l'histoire de l'écologie scientifique » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 19-26.
- Agassiz A., 1876, « Hydrographic sketch of Lake Titicaca » *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, 11(24) : 283-292.
- Aladin N.V. & Plotnikov I.S., 1993, « Large saline lakes of former USSR : a summary review » *Hydrobiologia*, 267 : 1-12.
- Amblard C. & Pinel-Allouf B., 1995, « Variations saisonnières et interannuelles du plancton » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 411-440.
- Ambrosetti W. & Barbanti L., 1999, « Deep water warming in lakes : an indicator of climatic change » *Journal of Limnology*, 58(1) : 1-9.
- Ambrosetti W. & Barbanti L., 2000, « Riscaldamento delle acque profonde nei laghi italiani : un indicatore di cambiamenti climatici » *Acqua & Aria*, 4 : 65-72.
- Ambrosetti W. & Barbanti L., 2001, « Temperature, heat content, mixing and stability in Lake Orta : a pluriannual investigation » *Journal of Limnology*, 60(1) : 60-68.
- Ambrosetti W., Barbanti L., Bernardi R. de & Libera V., 1980, « Alcune riposte ad un evento meteorologico eccezionale : il nubifragio del 7 Agosto 1978 nel bacino del Lago Maggiore » *Atti 3° Congresso AIOL* : 389-406.
- Ambrosetti W., Barbanti L. & Pompilio L., 1996, « Morphometry and thermal stratification in Italian lakes. 3. Dynamics of the deepening of the thermocline » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 54 : 43-50.
- Ammianus Marcellinus, 385, *Rerum gestarum libri*, Libri XIV-XVI. Traduction Galletier E. : Ammien Marcellin, 1968, *Histoire*. Livres XIV-XVI, Paris, Les Belles Lettres, 297 p.
- Amoros C. & Petts G.E., Dir., 1993, *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p.
- Amoros C. & Wade P.M., 1993, « Successions écologiques » in Amoros & Petts, dir. : 201-231.
- Anderson E.R. & Pritchard D.W., 1951, *Physical limnology of Lake Mead*. San Diego, California, US Navy Electronics Laboratory, Report 258, Problem NEL 2J1, 152 p.
- Anderson W.L., Robertson D.M. & Magnuson J.J., 2001, « Evidence of recent warming and El-Niño related variations in ice break-up of Wisconsin lakes » *Limnology and Oceanography*, 41 : 815-821.
- Angeli N., Pont D. & Pourriot R., 1995, « Hétérogénéité spatiale et migration du plancton » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 411-440.
- Angelier E., 2000, *Ecologie des eaux courantes*. Paris, Techniques et Documentation, 199 p.
- Angot A., 1905, « La température en France » *Annales de géographie*, 14 : 296-309.
- Anonyme, 1878, « A new deep-sea thermometer » *Nature*, 18(July 25) : 348-350.
- Anonyme, 1881, « Le Dr Asper communiqué quelques recherches sur la profondeur à laquelle pénètrent dans l'eau les rayons lumineux » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 6 : 318.
- Anthony M. & Drummond G., 1973, « Reservoir water quality control » in Ackermann W.C., White G.F. & Worthington G.B., Ed, *Man-Made lakes : their problems and environmental effects*. Washington D.C., American Geophysical Union, Geophysical Monograph 17, 847 p. : 549-551.
- Arai T., 1973, « Thermal structure of the artificial reservoir » in Ackermann W.C., White G.F. & Worthington G.B., Ed, *Man-Made lakes : their problems and environmental effects*. Washington D.C., American Geophysical Union, Geophysical Monograph 17, 847 p. : 536-538.
- Arai T., 1984, « Kisui ko no junkan to seiso » *Chigiku*, 6(8) : 470-474.
- Arai T., 2001a, « The hydro-climatological significance of long-term ice records of Lake Suwa, Japan » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische and angewandte Limnologie*, 27(5) : 2757-2760.
- Arai T., 2001b, « Water motion » in Saijo Y. & Hayashi H., Ed, *Lake Kizaki, limnology and ecology of a Japanese lake*. Leiden, Backhuys, 427 p. 74-78.
- Arai T. & Hayashi H., 2001, « Water temperature » in Saijo Y. & Hayashi H., Ed, *Lake Kizaki, limnology and ecology of a Japanese lake*. Leiden, Backhuys, 427 p. 70-73.
- Arakawa H., 1954, « On five centuries of freezing dates of Lake Suwa (36°N, 138°E) in the Central Japan » *Kenkyu jihou*, 6-5 : 143-146.
- Arbouille D. & Vernet J.-P., 1989, « Les sédiments, l'eau et la pollution » *Thema*, 8 : 9-13.
- Ardillier F., 1997, *L'eau ressource pour le développement d'un espace rural, l'exemple du bassin de la Gartempe*. Limoges, Pulim, 591 p.
- Arx W.S. von, 1962, *An introduction to physical oceanography*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley, 422 p.
- Assel R. & Herche L., 2001, « Coherence of long-term lake ice records » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische and angewandte Limnologie*, 27(5) : 2789-2792.
- Association des Intérêts de Conches, 1988, *Conches, un quartier, une école*. Chênes-Bougeries, Editions Chênoises, 68 p.
- Atkins W.R.G., Clarke G.L., Pettersson H.H., Utterback C.L. & Ångström A., 1938, « Measurement of a submarine daylight » *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 13 : 37-57.
- Axelrod A., 1978, *Contribution à l'étude géophysique de la région des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat*. Lausanne, Univ., Fac. des Sciences, thèse, 93 p.
- Ayers J.C., Andersson D.V., Chandler D.C. & Lauff G.H., 1956, *Currents and water masses of Lake Huron*. Maple, Ontario Department of lands and forests, Ann Arbor, University of Michigan, 101 p. + annexes.
- Balabanian O. & Bouet G., 1989, *L'eau et la maîtrise de l'eau en Limousin*. Treignac, éd. Les Monédières, 301 p.
- Balabanian O. & Bouet G., 1994, « La nature limousine » in *Le guide du Limousin*. Lyon, La Manufacture, 305 p. : 12-28.
- Barraqué B., Bley D., Boëtsch G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., 1995, *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p.
- Bailly A., 1995, « Une vision tourmentée de la Riviera lémanique » *Annales de Géographie*, 104(583) : 329-330.
- Barbanti L., 1970, « L'évaporation des lacs superficiels lacustres : technique di studio » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 26 : 97-119.
- Barbanti L. & Ambrosetti W., 1987, « Energia termica e stabilità meccanica nel Lago Maggiore » *Atti 7° Congresso AIOL*, 54 : 119-132.
- Barbanti L. & Ambrosetti W., 1989, « The physical limnology of Lago Maggiore : a review » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 54 : 31-42.
- Barbanti L. & Carollo A., 1967, « Analisi della diffusione turbolenta e dei processi circolatori nel Lago Maggiore con l'impiego di un tracciante fluorescente (Rodamina B) » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 21 : 37-87.
- Barbanti L., Pompilio L. & Ambrosetti W., 1996, « Morphometry and thermal stratification in Italian lakes. 2. The "Depth Ratio" as a predictive index of thermal structures » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 46 : 41-68.

- Barla C., 1998, « Ces plans d'eau qui confisquent vos rivières » *Le pêcheur de France*, 174 : 60-61.
- Barroin G., 1995, « Cycle et bilan de l'oxygène » in Pourriot M. & Meybeck M., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 705-726.
- Barroin G., 1999, *Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau*. Lyon, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 215 p.
- Bartout P., 2000, *Passé et présent des étangs du sud-ouest de la Haute-Vienne*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise en géographie, 242 p.
- Bayly I.A.E. & Williams W.D., 1973, *Inland waters and their ecology*. Victoria, Longman Australia, 316 p.
- Beadle L.C., 1974, *The inland waters of tropical Africa, an introduction to tropical limnology*. London, Longman, 365 p.
- Beard L.R. & Willey R.G., 1970, « An approach to reservoir temperature analysis » *Water Resource Research*, 6 : 1335-1345.
- Bèche H.-T., 1819, « Sur la profondeur et la température du lac de Genève » *Bibliothèque Universelle de Sciences et Art de Genève*, 12 : 118-126.
- Becquerel A. & Breschet, 1836, « Recherches expérimentales physico-physiologiques sur la température des tissus et des liquides animaux » *Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences*, séance du lundi 26 décembre : 771-781. Paragraphe « Procédé électrochimique pour déterminer la température de la terre et des lacs à diverses profondeurs » : 778-781.
- Beletsky D., Filatov N. & Ibraev R., 1994, « Hydrodynamics of Lakes Ladoga and Onega » *Water pollution Research Journal Canada*, 29(2-3) : 365-385.
- Benedetti-Crouzet E. & Dussart B., 1979, *Les retenues d'eau*. Sarlat, IBD & Agence Financière de bassin Seine-Normandie, 246 p.
- Bénévent E., 1926, *Le climat des Alpes françaises*. Paris, Mémorial de la météorologie nationale n°14, 435 p.
- Berg C.O., 1963, « Middle Atlantic states » in Frey D.G., Ed, *Limnology in North America*. Madison, University of Wisconsin Press : 191-237.
- Berg K., 1950, « The content of limnology demonstrated by F.-A. Forel and August Thienemann on the shore of Lake Geneva » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, Congress in Belgium, 11 : 41-57.
- Bergsten F., 1926, « The seiches of Lake Vetter » *Geografiska Annaler*, 8 : 1-73.
- Bernard-Allée P., 1994, « Climat et ressources en eau » in Bernard-Allée P., André M.-F. & Pallier G., *Atlas du Limousin*. Limoges, Pulim, 166 p.: 12-15.
- Bernardi R. de, Guissani G. & Grimaldi E., 1984, « Lago Maggiore » in Taub F.B., Ed, *Lakes and Reservoirs*. Amsterdam, Elsevier, Ecosystems of the world n° 23, 643 p. : 247-266.
- Bernhardt H., 1967, « Aeration of Wahnbach Reservoir without changing the temperature profile » *Journal of American Water Works Association*, 59 : 943-964.
- Berthois L. & Froidefond J.-M., 1983, *Traité de bathymétrie*. Univ. Bordeaux I, Mémoires de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, 158 p.
- Bertola C., 1998, « Introduction. François-Alphonse Forel (1841-1912) » in Forel F.-A., 1892, réimpression 1998, *Le Léman, monographie limnologique*. Genève, Slatkine, tome I, 543 p. : 16 p. non paginées.
- Bertola C., 1999, « François-Alphonse Forel (1841-1912) » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p.: 3-17.
- Bertola C., 2000, « Dans le silence des épaves » *L'Alpe*, 9 : 19-34.
- Bessière C. & Londe P., 1992, « Barrages » in *Encyclopaedia Universalis*. Paris, t. 3, 1053 p. : 838-849.
- Bétant A. & Perrenoud G., 1932, « Etudes sur la partie occidentale du lac de Genève. I. Courants et températures » *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*, 41(2) : 225-293.
- Béthémont J., 1999, *Les grands fleuves entre nature et société*. Paris, A. Colin, col. U, 255 p.
- Bettoni P., 1900, *Studi limnografici sulle sesse del lago di Garda, comm. Dell Ateneo di Brescia*. Cité par Halbfass, 1923.
- Billon B., Guiscafré J., Herbaud J. & Oberlin G., 1974, *Le bassin du fleuve Chari*. Paris, Orstom, coll. "monographies hydrologiques", 450 p.
- Birembaut A., 1992, « Histoire de la thermodynamique » in *Encyclopaedia Universalis*. Paris, Corpus 22, 1005 p. : 537-541.
- Birge E.A., 1897, « Plankton studies on Lake Mendota. II. The crustacea of the plankton from July, 1894, to December, 1896 » *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters*, Madison, 11 : 274-448.
- Birge E.A., 1910a, « An unregarded factor in lake temperatures » *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters*, Madison, 16 : 989-1004.
- Birge E.A., 1910b, « On the evidence for temperature seiches » *Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, Arts and Letters*, Madison, 16 : 1005-1016.
- Birge E.A., 1916, « The work of the wind in warming a lake » *Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, Arts and Letters*, Madison, 18 : 341-391.
- Birge E.A. & Juday C., 1931, « A third report on solar radiation and inland lakes » *Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, Arts and Letters*, Madison, 26 : 383-425.
- Birkett C.M., 1995, « The contribution of Topex / Poseidon radar altimeter to the global monitoring of large rivers and wetlands » *Water Resource Research*, 34(5) : 1223-1235.
- Birkett C.M., 1998, « The contribution of Topex / Poseidon to the global monitoring of climatically sensitive lakes » *Journal of Geophysical Research*, 100(C12) : 25179-25204.
- Birkett C.M. & Mason I.M., 1995, « A new global lakes database for a remote sensing program studying climatically sensitive lakes » *Journal of Great Lakes Research*, 21(3) : 307-318.
- Biot P., 1968, *Précis de Géographie Physique Générale*. Paris, A. Colin, 340 p.
- Blanc H., 1912, « Le Professeur Docteur François-Alphonse Forel » *Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Geselleschaft*, 95(1) : 110-148.
- Blavoux B., 1978, *Etude du cycle de l'eau au moyen de l'¹⁸O et du tritium. Possibilités et limites de la méthode des isotopes du milieu en hydrologie de la zone tempérée*. Paris, thèse d'Etat, 333 p.
- Blüthgen J., 1966, *Allgemeine Klimageographie*. Berlin, Walter de Gruyter, 2^{de} Aufl., 720 p.
- Bohle M. & Perrinjaquet C., 1984 « Technique de mouillage d'instrument de mesure dans le Léman » *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, 84(4) : 45-49.
- Bohle-Carbonnel M., 1986a, *Hydrodynamik des Genfer Sees, Gleichgewichte und charakterisierende Größen*. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale, Laboratoire d'Hydraulique, thèse n° 611, vol. I, 235 p., vol. II, 132 p.
- Bohle-Carbonnel M., 1986b, « Currents in Lake Geneva » *Limnology and Oceanography*, 31(6) : 1255-1266.
- Bohle-Carbonnel M. & Van Senden D., 1990, « On internal seiches and noisy current field-theoretical concepts versus observations » in Tilzer M.M. & Serruya C., Ed, *Large lakes: ecological structure and function*. Berlin, Springer, 691 p. : 81-106.
- Bolgrien D.W., Granin N.G. & Levin L., 1995, « Surface temperature dynamics of Lake Baikal observed from AVHRR images » *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 61(2) : 211-216.
- Bolke E.L. & Waddel K.M., 1975, « Chemical quality and temperature of water in Flaming Gorge Reservoir, Wyoming and Utah, and the effects of the reservoir on the Green River » *US Geological Survey Water Supply Paper*, 2039A
- Boltshauser J., 1860, « Le lac d'Annecy » *Revue Savoisiennne*, 1(1) : 2-4 & 1 (2) : 9-11.

- Bonython C.W. & Mason B., 1953, « The Filling and Drying of Lake Eyre » *The Geographical Journal*, 119 : 321-330.
- Boon P.J., 1988, « The impact of river regulation on invertebrate communities in the U.K. » *Regulated Rivers : Research and Management*, 2 : 389-409.
- Bouchardeau A. & Lefèvre R., 1957, *Monographie du lac Tchad*. Paris, Orstom, 112 p.
- Bouet M., 1949, « La vaudaire du Bas Valais et du lac Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 64 : 253-274.
- Boulton A.J. & Brock M.A., 2001, *Australian freshwater ecology : processes and management*. Adelaide, Gleneagles, 1999, SIL 2001, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, 300 p.
- Bourcart F.-E., 1906, *Les lacs alpins suisses, étude chimique et physique*. Genève, Georg, 130 p.
- Bourget E. & Fortin M.J., 1995, « A commentary on current approaches in the aquatic sciences » in Balvay G., Ed, "Space partition within aquatic ecosystems", Proceedings of the Second International Congress of Limnology and Oceanography held in Evian, May 25-28, 1993, 444 p., *Hydrobiologia*, 300/301: 1-16.
- Bouteloup J., 1960, *Vagues, marées, courants marins*. Paris, PUF, Que-sais-je 438, 128 p.
- Boys P. du, 1891, « Essai théorique sur les seiches » *Archives des Sciences physiques et Naturelles de Genève*, 25 : 628-795.
- Brajou P., 1997, *Valorisation des richesses naturelles et axes de développement en Xaintrie Blanche*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise en géographie, 134 p. + 6 annexes.
- Bravard J.-P., 1987, *Le Rhône du Léman à Lyon*. Lyon, La Manufacture, 451 p.
- Bravard J.-P., Coord., *Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques, gestion des excès et de la pénurie*. Paris, Sedes, 288 p.
- Bravard J.-P. & Petit F., 1997, *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Paris, A. Colin, col. U, 222 p.
- Bravard J.-P. & Petts G.E., 1993, « Interférences avec les interventions humaines » in Amoros & Petts, dir., *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p. : 233-253.
- Bretschneider C.L., 1952, « The generation and decay of wind waves in deep water » *Transactions of the American Geophysical Union*, 33 : 381-389.
- Brett J.R., 1956, « Some Principles in the Thermal Requirements of Fishes » *The Quarterly Review of Biology*, 31 : 75-87.
- Bridel Ph., 1814, « Essai sur le lac Léman » in *Le Conservateur suisse ou Recueil complet des éternelles helvétiques*. Lausanne, Louis Knab, tome V : 5-93.
- Brönsted J.N. & Wesenberg-Lund C., 1911, « Chemisch-physikalische Untersuchungen der dänischen Gewässer nebst Bemerkungen über ihre Bedeutung für unsere Auffassung der Temporalvariationen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 4 : 251-290 & 437-492.
- Brooker M.P., 1981, « The impact of impoundments on the downstream fisheries and general ecology of rivers » *Advances in Applied Biology*, 6 : 91-152.
- Brown G.W., 1969, « Predicting temperatures of small streams » *Water Resource Research*, 5(1) : 68-75.
- Bruschin J. & Falvey H., 1975, « Vagues de vent sur un plan d'eau confiné. Considérations générales et application au Léman (Petit-Lac) » *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, 101(14) : 225-232.
- Bruschin J. & Schneider L., 1978, « Caractéristiques des vagues dans les lacs profonds. Vagues de bise sur le Léman (Petit-Lac) – Campagne de mesures 1974-1978 » *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, 104(19) : 269-276.
- Bruschin J. & Schneider L., 1979, « Wind-waves in the bay of Geneva » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developments in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 245-254.
- Bruyant C., 1903, « Les seiches du lac Pavin » *Revue d'Auvergne*, 20 : 81-97.
- Bryan J.G., 1964, « Physical control of water quality » *British Waterworks Association Journal*, 46 : 546-564.
- Bryson R.A. & Kuhn P.M., 1952, *On certain oscillatory motions of lakes*. Report to the University of Wisconsin Lake Investigations Committee n°5, 10 p. Cité par Hutchinson, 1957.
- Buchan A., 1871, « Remarks on the deep-water temperature of Lochs Lomond, Katrine, and Tay » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 7 : 791-795.
- Buchanan J.Y., 1879, « On the freezing of lakes » *Nature*, 19(March 6) : 412-414.
- Buchanan J.Y., 1886, « On the distribution of temperature in Loch Lomond during the autumn of 1885 » *Proceedings of the Royal society of Edinburgh*, 13 : 403-428.
- Buffle J.-P., 1948, « André Delebecque (1861-1947) » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 1(1) : 177-183.
- Buffle J.-P., 1952, « André Delebecque (1861-1947) » *Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie Appliquée*, 4 : 199-201.
- Bukata R.P., Bennett J.E. & Bruton J.E., 1978, « Landsat-1 observation of an internal standing wave pattern in Lake Superior » *Canadian Journal of Spectroscopy*, 23(2) : 57-65.
- Bukata R.P., Haras W.S. & Bruton J.E., 1975, « The application of ERTS-1 digital data to water transport phenomena in the Pointe Pelee – Rondeau area » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19 : 168-178.
- Bulson P.S., 1967, « Theory and design of bubble breakwaters » *Dock and Harbour Authorities*, 48(560) : 47-54.
- Burgis M. & Morris P., 1987, *The Natural History of Lakes*. Cambridge University Press, 218 p.
- Bums C.W., 2000, « Towards tomorrow : taking SIL into the 21st century » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(1) : 1-5.
- Burrows R.F., 1967, « Water temperature requirements for maximum productivity of salmon » in Eldridge E.F., Ed, *Water temperature, influences, effects and controls*. Portland, US Department on the Interior Federal Water Pollution Control Administration, Proceedings of the 12th Pacific Northwest Symposium on water pollution research, 157 p. : 29-34.
- Cailliez V. & Perarnaud V., 1993, « Evolution du climat en Limousin depuis 1880 » *La Météorologie*, mars,
- Caldwell D.R., Brubaker J.M. & Neal V.T., 1978, « Thermal microstructure on a lake slope » *Limnology and Oceanography*, 23 : 372-374.
- Caloi P., 1947, « Notevoli onde interne (sesse termiche) nel lago di Garda » *Ricerca scientifica*, 17(1) : 3-7.
- Caloi P., 1948, « Le sesse del lago di Garda » *Annali Geofis.*, 1(1) : 24-51 & 1(2) : 175-200. Cité par Dussart, 1966.
- Calow P. & Petts, 1992, *The rivers handbook : hydrological and ecological principles*. London, Blackwell Scientific Publ., vol.1, 526 p.
- Capart A., 1955, « L'échouage dans les lacs du Congo Belge » *Bulletin agricole du Congo belge*, Bruxelles, 46(5) : 1075-1104.
- Carbonnel J.-P. & Guiscafré J., 1965, *Grand Lac du Cambodge, sédimentologie et hydrologie, 1962-1963*. Paris, Orstom, Museum, CRG, 401 p.
- Carmack E.C., Gray C.B., Pharo C.H. & Daley R.J., 1979, « Importance of lake-river interaction on seasonal patterns in the general circulation of Kamloops Lake, British Columbia » *Limnology and Oceanography*, 24 : 634-644.
- Carmouze J.-P., 1983, « Hydrochemical regulation of the lake » in Carmouze J.-P., Durand J.-R. & Lévêque C., Ed, *Lake Chad, Ecology and Productivity of a Shallow Tropical Ecosystem*. The Hague, Dr W. Junk Publishers, 575 p. : 83-123.
- Carmouze J.-P., Arce C. & Quintilla J., 1983, « Régulation hydrochimique du lac Titicaca et hydrochimie de ses tributaires » *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 14 : 329-348.
- Carmouze J.-P., Chantraine J.-M. & Lemoalle J., 1983, « Water temperature » in Carmouze J.-P., Durand J.-R. & Lévêque C., Ed, *Lake Chad, Ecology and Productivity of a Shallow Tropical Ecosystem*. The Hague, Dr W. Junk Publishers, 575 p. : 67-72.

- Carozzi A.V., Crettaz B. & Ripoll D., Resp., 1998, *Les plis du temps, mythe, science et H.-B. de Saussure*. Genève, Payot Amoudruz, 367 p.
- Carper G.L. & Bachman A.G., 1984, « Wind resuspension in a small prairie lake » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41 : 1763-1767.
- Casado C., Garcia de Jalon D., Del Olmo C.M., Barcelo E. & Menes F., 1989, « The effect of an irrigation and hydroelectric reservoir on its downstream communities » *Regulated Rivers : Research and Management*, 4 : 275-284.
- Cemagref, groupement de Bordeaux, 1987, *Etude de l'impact des étangs en Limousin, rapport de synthèse des résultats obtenus à l'issue de la première campagne d'observations et de mesures*. Agence de bassin Loire Bretagne, Conseil supérieur de la pêche délégation régionale Auvergne-Limousin, Service régional de l'aménagement des eaux du Limousin, étude n° 33, 50 p. + annexes.
- Cemagref, groupement de Bordeaux, 1989, *Etude de l'impact des étangs en Limousin, rapport de synthèse des résultats obtenus à l'issue de la seconde campagne d'observations et de mesures*. Agence de bassin Loire Bretagne, Conseil supérieur de la pêche délégation régionale Auvergne-Limousin, Service régional de l'aménagement des eaux du Limousin, étude n° 48, 24 p.
- Chevey P., 1935, « Le Grand Lac du Cambodge » *Bulletin Economique de l'Indochine* : 519-526.
- Cholnoky E. von, 1897, *Erforschung des Plattensees*. I.III „Limnologie“.
- Christison R., 1872, « Adress at opening session of the Royal Society of Edinburgh, November 27, 1871 » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 7 : 531-574.
- Chrystal G., 1904, « Some results in the mathematical theory of seiches » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 25 : 328-337.
- Chrystal G., 1905a, « Some further results in the mathematical theory of seiches » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 25 : 637-647.
- Chrystal G., 1905b, « On the hydrodynamical theory of seiches, with a bibliographical sketch » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 41 : 599-649.
- Chrystal G., 1908a, « An investigation of the seiches of Loch Earn by the Scottish Lake Survey » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 46 : 455-517.
- Chrystal G., 1908b, « Seiches in the lakes of Scotland » *Proceedings of the Royal Institute G.B.*, 18 : 657-676.
- Chrystal G., 1910, « Seiches and other oscillations of lake surfaces, observed by the Scottish Lake Survey » in Murray J. & Pullar L., *Bathymetric survey of the Scottish fresh-water lochs*. Edinburgh, Challenger Office, vol. 1, 785 p.: 29-90.
- Chrystal G., & MacLagan-Wedderburn E., 1905, « Calculation of the periods and nodes of Lake Earn and Treig, from the bathymetric data of the Scottish Lake Survey » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 41 : 823-850.
- Ciaglic' V., 1962, « Quelques observations sur le régime thermique et le régime de la prise et de la débâcle des eaux du lac de barrage de Izvorul Muntelui-Bicaz (Roumanie) » *Anal. Stiint. Univ. A.I. I. Cuza, Sect. II*, 8 : 125-134. Cité par Benedetti-Crouzet & Dussart, 1979.
- Ciaglic' V., 1965, « Some data concerning the Izvorul Muntelui-Bicaz reservoir – influences upon the hydrological conditions of Bistrita River » *Com. Geogr. Soc. Sti. Nat. Romana*, III : 113-122. Cité par Benedetti-Crouzet & Dussart, 1979.
- Ciaglic' V., 1968, « Le régime thermique du lac de barrage artificiel Izvorul Muntelui-Bicaz » *Lucr. Stat. « Stejarul »*, 1 : 137-171. Cité par Benedetti-Crouzet & Dussart, 1979.
- Claval P., 1998, *Histoire de la Géographie française*. Paris, Nathan Université, 544 p.
- Cluis D., 1972, « Relationship between stream water temperature and ambient air temperature, a simple autoregressive model for mean daily stream water temperature fluctuations » *Nordic Hydrology*, 3(2) : 65-71.
- Coakley J.P. & Karrow P.F., 1994, « Reconstruction of Post-Iroquois Shoreline Evolution in Western Lake Ontario » *Canadian Journal of Earth Science*, 31 : 1618-1629.
- Coastgis'99, 2000, *Geomatics and coastal environment*. Brest, Ifremer, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Actes du colloque "géomatique et environnement littoral", Brest, 9-11 septembre 1999, 318 p.
- Cohen A.S. & Thouin C., 1987, « Nearshore Carbonate Deposits in Lake Tanganyika » *Geology*, 15 : 414-418.
- Cohendet F., 1993, *Le saumon de l'Allier, son histoire, sa vie, son devenir*. Paris, Aidsa, 795 p.
- Colby B.R. & Scott C.H., 1965, « Effects of water temperature on the discharge of bed material. A study of the theoretical and observed effects of changes in water temperature on the transportation of bed material » *US Geological Survey Professional Paper*, 462G : 1-25.
- Cole G.A., 1983, *Textbook of Limnology*. Illinois, Waveland, 3^e ed., 401 p.
- Colladon D., 1875, « Terrasses lacustres du Léman et constitution de la terrasse d'alluvion sur laquelle est construite la ville de Genève » *Bulletin de la Société géologique de France*, 3 (N°S.) : 661-668.
- Collet L.W., 1925, *Les lacs, leur mode de formation, leurs eaux, leur destin, éléments d'hydro-géologie*. Paris, G. Doin, 320 p.
- Collings M.R., 1969, « Temperature analysis of a stream » *US Geological Survey Professional Paper*, 650-B : 174-179.
- Collings M.R., 1973, « Generalization of stream-temperature data in Washington » *US Geological Survey Water Supply Paper*, 2029B : 1-45.
- Combrouze P., 2000, « Lacs et étangs » in Fortin F. & Boeufgras J., Coord., *Le Limousin côté nature*. Saint-Gence, Espaces Naturels du Limousin, 216 p. : 34-36.
- Conseil Régional du Limousin & Conseil Régional de Poitou-Charentes, 1991, *Schéma d'aménagement et de gestion des eaux du bassin de la Vienne*. 231 p.
- Cooke G.D., Welch E.B., Peterson S.A. & Newroth P.R., 1993, *Restoration and management of lakes and reservoirs*. Boca Raton, Lewis, 2nd ed, 548 p.
- Cooley P. & Harris S.L., 1954, « The prevention of stratification in reservoirs » *J. Inst. Water Eng.*, 8 : 517-537. Cité par Imberger & Patterson, 1990.
- Coq M., 1976, « Les climats du Limousin, contribution à l'étude biogéographique du Massif Central de la France » *Norois*, 23(89) : 95-108.
- Cornaz G., 1998, *Les barques du Léman*. Genève, Slatkine, 207 p.
- Cornish V., 1934, *Ocean waves and kindred geophysical phenomena*. Cambridge University Press, 164 p.
- Cosandey C. & Robinson M., 2000, *Hydrologie continentale*. Paris, A. Colin, col. U, 360 p.
- Coulter G.W. & Spiegel R.H., 1991, « Hydrodynamics » in Coulter G.W., Ed, *Lake Tanganyika and its Life*. London, Oxford University Press, 354 p. : 49-75.
- Craig W., Brant I., Hite M.P. & Davis W.M., 1925, « The 'undertow' » *Science*, 62 : 30-33.
- Crisp D.T., 1981, « A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes » *Freshwater Biology*, 11 : 361-368.
- Crisp D.T., 1987, « Thermal "resetting" of streams by reservoir releases with special reference to effects on salmonid fishes » in Craig J.F. & Kemper J.B., Ed, *Regulated streams : advances in ecology*. New York, Plenum Press: 163-182.
- Crisp D.T., 1988, « Prediction, from temperature, of eyeing, hatching and "swim-up" times for salmonid embryos » *Freshwater Biology*, 19 : 41-48.
- Crisp D.T., 1989, « Some impacts of human activities on trout *Salmo trutta* populations » *Freshwater Biology*, 21 : 21-23.
- Croset P., 1954, « Le piedmont des Dranses du Chablais » *Revue de Géographie Alpine*, 42(3) : 521-556. Cummins K.W., 1979, « The natural stream ecosystem » in Ward J.V. & Stanford J.A., Ed, *The ecology of regulated streams*. New York, Plenum Press, 397 p.

- Cunnington W.A., 1920, « The fauna of the African Lakes : a study in comparative limnology with special reference to Lake Tanganyika » *Proceedings of the Zoological Society of London*, 3 : 507-622.
- Cushman R.M., 1985, « Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities » *North American Journal of Fisheries Management*, 5 : 330-339.
- Coulter G.W. & Spigel R.H., 1991, « Hydrodynamics » in Coulter G.W., Ed, *Lake Tanganyika and its life*. London, Oxford University Press, 354 p. : 49-75.
- Dajoz R., 1985, *Précis d'écologie*. Paris, Dunod, 5^e éd., 505 p.
- Damiani V., 1972, « Studio di un ambiente fluvio-lacustre sulla base di una analisi granulometrica dei sedimenti : Fiume Toce e bacino Isole Boromee » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 29 : 37-95.
- Davis J.M., 1980, « Destratification of reservoirs, a design approach for perforated-pipe compressed-air system » *Water Services*, 84 : 497-504.
- Davis W.M., 1882, « On the Classification of Lakes Basins » *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 21, part III : 315-381.
- Davis W.M., 1887, « The Classification of Lakes » *Science*, 10(241) : 142-143.
- Davis W.M., 1920, « A Roxen Lake in Canada » *Scottish Geographical Magazine*, 41 : 65-74.
- Davis W.M., 1933, « The Lakes of California » *California Journal of Mines and Geology*, 29 : 175-236.
- DDAF Haute-Vienne, 1989, *Schéma de vocation piscicole de la Haute-Vienne*. Saint-Yrieix, Fabrègue, 71 p.
- Deevey E.S., 1957, « Limnologic studies in Middle America, with a chapter on Aztec limnology » *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 39 : 213-328.
- Defant A., 1908, « Über die stehenden Seespiegelschwankungen (Seiches) in Riva am Gardasee » *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 117, 6 (2a) : 697-780.
- Defant A., 1932, « Beiträge zur theoretischen Limnologie » *Beitr. Freien Atmos (Bjerknes-Festband)*, 29 : 143-150. Cité par Hutchinson, 1957.
- Dejoux C., 1994, « Le Lac Titicaca » *La Recherche*, 25(263) : 276-284.
- Dejoux C. & Iltis A., Ed., 1992, *Lake Titicaca, a Synthesis of Limnological Knowledge*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, Monographiae Biologicae vol. 68, 573 p.
- Delebecque A., 1893, « Sur les lacs des Sept-Laux (Isère) et de la Girotte (Savoie) » *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, 116 : 700-703.
- Delebecque A., 1898, *Les lacs français*. Paris, Chamerot & Renouard, 436 p.
- Deluc J.-A., 1772, *Le baromètre et le thermomètre*. Prospectus pour la souscription de l'ouvrage édité aux frais de l'auteur, fac-similé de 1937. Genève, Bibliothèque Publique et Universitaire, 16 p.
- Delvert J., 1961, *Le paysan cambodgien*. Paris, Mouton, 740 p.
- Delvert J., 1983, *L'Asie tropicale*. Paris, Sedes, 149 p.
- Demoll R., 1922, « Temperaturwellen (Seiches) und Planktonwellen », *Archiv für Hydrobiologie*, 13 : 313-320.
- Denardou L.M., 1987, *Etang de la Pouge, construction de la digue*. DDAF Haute-Vienne, Syndicat Intercommunal d'AEP Vienne-Briance-Gorre, 9 p.
- Denègre J. & Salgé F., 1996, *Les systèmes d'information géographique*. Paris, PUF, Que-sais-je n° 3122, 128 p.
- Descamps H. & Naiman R.J., 1989, « L'écologie des fleuves », *La Recherche*, 20(208) : 310-319.
- Dess Management environnemental et qualité des eaux, 1997, *Etude de l'influence du soutien d'étiage sur la température de la Dordogne*. Université du Limoges et Etablissement Public Interdépartemental de la Dordogne, rapport interne, 22 p.
- Devroey M.E., 1938a, « Le Tanganyika » *Bulletin de l'Institut Royal de la Colonisation Belge*, 9(2) : 444-462.
- Devroey M.E., 1938b, « Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganyika » *Mémoires de l'Institut Royal de la Colonisation Belge*, 1(3) : 130 p.
- Didier M., 1990, *Utilité et valeur de l'information géographique*. Paris, Economica, 256 p.
- Dienert F. & Guillard A., 1913, « Etude du projet d'adduction des eaux du lac Léman » in Dienert F. et collaborateurs, *Etude des projets d'adduction d'eau présentés en vue de l'alimentation de Paris*. Paris, Imprimerie Municipale, 482 p. : 89-204.
- Dietrich G., 1963, *General Oceanography, an introduction*. New York, J. Wiley & Sons, Interscience, 588 p.
- Dingman S.L., Weeks W.F. & Yen Y.C., 1968, « The effects of thermal pollution on river ice conditions » *Water Resource research*, 4 : 349-362.
- Doodson A.T., Carey R.M. & Baldwin R., 1920, « Theoretical determination of the longitudinal seiches of Lake Geneva » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 52 : 629-642.
- Diren Limousin, 1994, *Etude d'impact de l'exploitation piscicole de trois étangs*. Limoges, Diren Limousin, Ahun, Scica piscicole du Limousin, 22 p. + annexes.
- Diren Limousin, 1997, *Demande de débit*. Référence AC/MJP n° 000559, 18 décembre 1997, non publié, 1 p.
- Dominik J., Burrus D. & Vernet J.-P., 1983, « A preliminary investigation of the Rhône river plume in eastern lake Geneva » *Journal of Sedimentary Petrology*, 53(1) : 159-163.
- Dortch M.S., 1979, *Artificial destratification of reservoirs*. Vicksburg, US Army Engineer Waterways Experiment Station, technical Report E-79-1, 59 p., cite par Henderson-Sellers, 1982.
- Dubois J., 1996, *Les vignobles vaudois, passé, présent et avenir*. Yens-sur-Morges, Cabédita, col. « Archives vivantes », 331 p.
- Dubois J.-T., 1959, « Les concrétions déposées par les eaux du Lac Tanganyika sur ses rives rocheuses » *Bulletin du Centre Belge d'Etude et de Documentation des Eaux*, Liège, 96 : 2-4.
- Dufour C., 1859, « Résumé des observations météorologiques faites à Morges de 1850 à 1854 » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 199 :
- Dufour L., 1873, « Recherches sur la réflexion de la chaleur solaire à la surface du lac Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 12(69) : 88-90.
- Durand M.-D., 1993, *Le passé des étangs creusois*. Univ. Limoges, mémoire de DEA en géographie, 134 p.
- Dussart B., 1948, « Recherches hydrographiques sur le lac Léman » *Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie appliquée*, 4 : 187-206.
- Dussart B., 1953, *Températures et mouvements des eaux dans les lacs. Introduction à l'étude d'un milieu*. Paris, thèse, 155 p.
- Dussart B., 1954, « Températures et mouvements des eaux dans les lacs. Introduction à l'étude d'un milieu » *Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie appliquée*, 5 : 1-128.
- Dussart B., 1957, « Le sondage par ultra-sons et l'étude des lacs. Note préliminaire » *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 1(2) : 99-102.
- Dussart B., 1958, « L'organisation actuelle des recherches limnologiques dans les grands lacs américains et européens » *Bulletin Français de Pisciculture*, 188 : 104-107.
- Dussart B., 1960, « Tendances actuelles de la limnologie (exemples pris en Savoie) » *Société Savoisienne*, 85^e Congrès : 249-255.
- Dussart B., 1962, « Problèmes sédimentologiques au Cambodge dans la région des Grands Lacs » *Cahiers du Pacifique*, 4 : 3-36.
- Dussart B., 1966, *Limnologie, l'étude des eaux continentales*. Paris, Gauthier Villars, 678 p., rééd. 1992, Boubée, 681 p.

- Dussart B. & Touchart L., 1998, « André Delebecque et le centenaire de la limnologie française » *Annales de Géographie*, 107(602) : 446-453.
- Dutoit P., Blanc H., Molin M. de, Mercanton P.-L., 1913, « Discours prononcés à la cérémonie commémorative et à l'inauguration du monument de F.-A. Forel à l'Aula du palais de Rumine à Lausanne le 29 novembre 1913 » *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 49 : 291-346.
- Eckel O., 1950, « Über die numerische und graphische Ermittlung der Stabilität von Gewässern nach W. Schmidt » *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 12 : 38-46.
- Eckel O., 1951, « Über die interdiurne Veränderlichkeit der Fluss – und Seeoberflächen – Temperaturen » *Wetter und Leben*, 3 : 203-212.
- Egerton F.N., 1962, « The scientific contributions of François-Alphonse Forel, the founder of limnology » *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 24: 181-189.
- Eklund H., 1965, « Stability of lakes near the temperature of maximum density » *Science*, 149: 632-633.
- El-Jabi N., El-Kourdahi G. & Caissie D., 1995, « Modélisation stochastique de la température de l'eau en rivière » *Revue des Sciences de l'Eau*, 8(1) : 77-95.
- Elliott G.H. & Elliott J.A., 1969, « Small-scale model of the thermal bar » *Proceedings 12th Conference Great Lakes Research*, Ann Arbor, International Association of Great Lakes research : 553-557.
- Elster H.J., 1939, « Beobachtungen über das Verhalten der Schichtgrenzen nebst einigen Bemerkungen über die Austauschverhältnisse im Bodensee (Obersee) » *Archiv für Hydrobiologie*, 35 : 286-346.
- Elster H.-J., 1974, « History of limnology » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, Jubilee Symposium 50 years of limnological research, Stuttgart, 20 : 7-30.
- Emden, 1905, « Der Energiegehalt der Seiches » *Ber. Naturf. Ges.*, St-Gallen. Cité par Halbfäß, 1923.
- Emsalem R., 1981, « Les régimes pluviométriques du Limousin » *Trames, études géographiques*, Limoges, 3 : 83-137.
- Endoh S. & Okumura Y., 1993, « Gyre systems in Lake Biwa derived from recent current measurements » *Japanese Journal of Limnology*, 54 : 191-197.
- Endoh S. Watanabe M., Nagata H., Maruo F., Kawae T., Iguchi C. & Okumura Y., 1993, « Wind fields over Lake Biwa and their effect on water circulation » *Japanese Journal of Limnology*, 56 : 269-278.
- Endrös A., 1903, *Seeschwankungen (Seiches) beobachtet am Chiemsee*. Dissertation der K. Technischen Hochschule in München, Traunstein, 117 S. Cité par Endrös, 1906b.
- Endrös A., 1904, « Seiches kleiner Wasserbecken » *Petermanns Mitteilungen*, 50(12) : 294-295.
- Endrös A., 1905, « Die Seiches des Waginger-Tachingersees » *Sitzungsberichte der bayerischen Akademie der Wissenschaft zu München, Mathematisch-physische Klasse*, 35 : 447-476.
- Endrös A., 1906a, « Die Seiches des Waginger-Tachingersees » *Petermanns Mitteilungen*, 52 : 94-95.
- Endrös A., 1906b, « Die Seeschwankungen (Seiches) des Chiemsees » *Sitzungsberichte der bayerischen Akademie der Wissenschaft zu München, Mathematisch-physische Klasse*, 36 : 297-350.
- Endrös A., 1906c, « Die Seeschwankungen (Seiches) des Chiemsees » *Petermanns Mitteilungen*, 52 : 252-258.
- Endrös A., 1908, « Vergleichende Zusammenstellung der Hauptseichesperioden der bis jetzt untersuchten Seen mit Anwendung auf verwandte Probleme » *Petermanns Mitteilungen*, 54 : 39-47.
- Endrös A., 1913, « Der Simsee und seine Seeschwankungen » *Progr. Gymn. Freising*. Cité par Halbfäß, 1923.
- Epidor, 1997, *Etude de l'influence du soutien d'étiage sur la température de la Dordogne*. Doc. Interne, DESS « Management environnemental et qualité des eaux », 9 p. + annexes.
- Escourrou G., 1982, *Le climat de la France*. Paris, PUF, Que sais-je n° 1967, 128 p.
- Estienne P., 1956, *Recherches sur le climat du Massif Central français*. Paris, Secrétariat général à l'aviation civile et commerciale, Mémorial de la météorologie nationale n° 43, 242 p.
- Estienne P. & Godard A., 1970, *Climatologie*. Paris, Armand Colin, col. U, 368 p.
- Eugster H.P. & Hardie L.A., 1978, « Saline lakes » in Lerman A., Ed, 1978, *Lakes, chemistry, geology, physics*. Berlin, Springer, 363 p. : 237-293.
- European Environment Agency, 1994, *European rivers and lakes, assessment of their environmental state*. Copenhagen, Danish Ministry of Environment and Energy, 122 p.
- Exner F.M., 1908a, « Über eigentümliche Temperaturschwankungen von eintägiger Periode im Wolfgangsee » *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 117, 6 (2a) : 9-26.
- Exner F.M., 1908b, « Ergebnisse einiger Temperaturregistrierungen im Wolfgangsee » *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 117, 6 (2a) : 1295-1315.
- Exner F.M., 1910, « Zur Frage der Temperaturseiches » *Petermann's Mitteilungen*, 56 : 139. Cité par Mortimer, 1952.
- Exner F.M., 1928, « Über Temperaturseiches im Lunzer See » *Annalen der Hydrographie*, 14-. & 142-. Cité par Mortimer, 1952.
- Faivret E., 1991, *Bassin de la Gartempe*. Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau, Service de la pêche et des milieux aquatiques, Conseil Général de la Creuse, Schéma départemental de vocation piscicole et halieutique de la Creuse, 60 p. + annexes.
- Faller A.J. & Woodcock A.H., 1964, « The spacing of windrows of Sargassum in the ocean » *Journal of Marine Research*, 122 : 22-29.
- Farmer D., Gemmrich J. & Polonichko V., 1998, « Velocity, temperature and spatial structure of Langmuir circulation » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 87-100.
- Farrow D.E., 1995, « An asymptotic model for the hydrodynamics of the thermal bar » *Journal of Fluid Mechanics*, 289 : 120-140.
- Fast A.W., 1973, « Effects of artificial destratification on primary production and zoobenthos of El Capitan Reservoir, California » *Water Resource Research*, 9 : 607-623.
- Fatio de Duillier J.-C., 1730 « Remarques faites par Mr. J.C. Fatio de Duillier, sur l'Histoire naturelle des environs du lac de Genève » in Spon J., *Histoire de Genève par Mr. Spon rectifiée et augmentée par d'amples notes avec les actes et autres pièces servant de preuves à cette Histoire*. Genève, Fabri & Barrillot, tome second, 518 p. : 449-470.
- Faure H., 2001, *Les effets de l'effacement du barrage de Maisons-Rouges sur la remontée des poissons migrateurs*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise de géographie, 126 p. + annexes.
- Fedorov Y.A., Grinenko V.A., Krouse H.R. & Nikanorov A.M., 1992, « Use of hydrochemical and isotopic criteria for the evaluation of the influence of technogenic sulphur on surface waters » in *Isotope techniques in Water Resources Development 1991*. Vienna, International Atomic Energy Agency, Proceedings of international symposium, 11-15 march 1991: 477-494.
- Fel A., 1962, *Les hautes terres du Massif Central*. Clermont-Ferrand, thèse d'Etat, 340 p.
- Filatov N.N., Ryzanzhin S.V. & Zaitsev L.V., 1981, « Investigation of turbulence and Langmuir circulations in Lake Ladoga » *Journal of Great Lakes Research*, 7(1) : 1-6.
- Findenegg I., 1935, « Limnologische Untersuchungen im Kärntner Seengebiet. Ein Beitrag zur Kenntnis des Stoffhaushaltes in Alpenseen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 32 : 369-423.
- Findenegg I., 1937, « Holomiktische und meromiktische Seen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 35 : 586-610.

- Fischer H.G., List R.C.Y., Koh J., Imberger J. & Brooks N.H., Ed, *Mixing in inland and coastal waters*. New York, Academic Press, 485 p.
- Fischer-Foster C. & Brunner C., 1849, « Recherches sur la température du lac de Thoune » *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*, 12 : 255-276.
- Fitzgerald D., 1895, « The temperatures of lakes » *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 34 : 67-109 (67-114 avec la discussion).
- Fol H. & Sarasin E., 1887, « Pénétration de la lumière du jour dans les eaux du lac de Genève » *Mémoires de la Société de Physique de Genève*, 29(13). Cité par Forel (1895) p. 441.
- Forel F., 1991, « François-Alphonse Forel : 1841-1912 » in Vernet J.-P., Ed, *Hommage à F.-A. Forel*. Morges, 3^e Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, 303 p. : 4-9.
- Forel F.-A., 1874, « Nouvelle méthode de sondages thermométriques » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 13 : 38-46.
- Forel F.-A., 1876, « Le limnimètre enregistreur de Morges » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 56 : 305-.
- Forel F.-A., 1880a, « Températures lacustres. Recherches sur la température du lac Léman et d'autres lacs d'eau douce », *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 3 : 501- 515.
- Forel F.-A., 1880b, « Températures lacustres. Recherches sur la température du lac Léman et d'autres lacs d'eau douce. Deuxième série », *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 4 : 89- 106.
- Forel F.-A., 1886, *Le lac Léman, précis scientifique*. Bâle, H. Georg, 76 p.
- Forel F.-A., 1892a, « Thermique des lacs d'eau douce » *Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft*, 75 : 5-8.
- Forel F.-A., 1892b, *Le Léman, monographie limnologique*. Lausanne, F. Rouge, T. I, 543 p.
- Forel F.-A., 1895, *Le Léman, monographie limnologique*. Lausanne F. Rouge, T.2, 651 p.
- Forel F.-A., 1901a, *Handbuch der Seenkunde, allgemeine Limnologie*. Stuttgart, J. Engelhorn, 249 p.
- Forel F.-A., 1901b, « Etude thermique des lacs du nord de l'Europe » *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 12 : 35-55.
- Forel F.-C., 1941, « François-Alphonse Forel de Morges: 1841-1912 » in Grosse schweizer Forscher. Zurich, Atlantis Verlag : 288-289.
- Forster A.E., 1898, « Simonys Arbeiten » *Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien*, 6(3) : 74-88.
- Franceschetti B., 1981, *Les fleuves*. Novara & Paris, Istituto Geografico de Agostini & Atlas, 119 p.
- Frécaut R., 1979, « les bilans hydrologiques des lacs » *Annales de Géographie*, 485 : 1-15.
- Free G., Allot N., Kennelly C. & Day S., 2001, « Colour in Irish lakes » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2620-2623.
- Freshfield D.W., 1924, *Horace-Bénédict de Saussure*. Genève, réimpr. Slatkine, 1989, 434 p.
- Fujiwara S., 1949, « Suwako no kouri omiwatari no hanashi » *Tenmon to kishou*, 15(2) : 42-46.
- Fujiwara S., 1954, « Omiwatari to kokuten to houkyou no kankei ni tsuite », *Kenkyu jihou*, 6-5 : 123-126.
- Fujiwara S. & Arakawa H., 1954, « Suwako keppyo kijitsu narabini omiwatari kijitsu hyo » *Kenkyu jihou*, 6-5 : 127-137.
- Füllerborn F., 1900, « Untersuchungen im Nyassasee und den Seen im Nordlichen Nyassaland » *Verhandlungen Gesellschaft für Erdkunde Berlin*, 17 : 332.
- Gachon L., 1946, « Les variétés régionales du climat dans le Massif Central et le vrai Massif Central climatique » *Etudes Rhodaniennes*, 21 : 33-54.
- Gagnebin E., 1933, « Les terrains quaternaires des environs de Thonon » *Eclogae*, 26(2) : 187-200.
- Gagnebin E., 1937, « Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, Lausanne, 59(243) : 335-416.
- Galliot M., 1999, *A la Saint-Médard, histoire de la Météorologie à Limoges et en Haute-Vienne*. Limoges, Atelier Graphique, 125 p.
- Ganor H.P. & Katz A., 1989, « The geochemical evolution of halite structures in hypersaline lakes : the Dead Sea, Israel » *Limnology and Oceanography*, 34(7) : 1214-1223.
- Garcia de Jalon D., Montes C., Barcelo E., Casado C. & Menes F., 1988, « Effects of hydroelectric scheme on fluvial ecosystems within the Spanish Pyrenees » *Regulated Rivers : Research and Management*, 2 : 479-491.
- Garibaldi L., Mezzanotte V., Brizzion M.C., Rogora M. & Mosello R., 1999, « The trophic evolution of Lake Iseo as related to its holomixis » *Journal of Limnology*, 58(1) : 10-19.
- Garrigou-Lagrange P., 1890, *Essai sur la climatologie du Limousin*. Limoges, éd, 344 p.
- Gâstescu P. & Driga B., 1983, « Lacurile » in Badea L., Gâstescu P. & Velcea V., Coord., *Geografia României. I. Geografia fizică. Bucuresti, Editura Academiei Republicii Socialiste România*, 662 p. : 351-367.
- Gaudin J.-P., 1993, *Le milieu du monde*. Montpellier, Reclus, collection « Géographie », 105 p.
- Gaudin J.-P., 1995, « Montreux, sur la Riviera du Léman, un lac saisi par le tourisme » in Barraqué B., Bley D., Boëtsh G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., 1995, *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p. : 173-178.
- Gaujous D., 1995, *La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire*. Paris, Techniques et Documentation, 220 p.
- Gerdaux D., 1995, « Croissance et dynamique démographique des populations de poissons » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 389-402.
- Gerritsen J., 1982, « Behavioral response of *Daphnia* to rate of temperature change : possible enhancement of vertical migration » *Limnology and Oceanography*, 27 : 254-261.
- Gignoux M. & Barbier R., 1955, *Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques*. Paris, Masson, 343 p.
- Gilbert A., Gras R.A. & Raoult D., 1986, « Numerical computation of natural river temperatures » in BHRA & The fluid Engineering Centre, Ed, *International Conference on Water Quality Modelling in the Inland Natural Environment*. Proc. Symp., 10-13 June 1986, Bournemouth, BHRA & The fluid Engineering Centre, Cranfield, M1 : 457-471.
- Giovanoli F., 1990, « Horizontal transport and sedimentation by interflows and turbidity currents in Lake Geneva » in Tilzer M.M. & Serruya C., Ed, *Large lakes: ecological structure and function*. Berlin, Springer, 691 p. : 175-195.
- Girard M.C. & Girard C.M., 1989, *Téledétection appliquée, zones tempérées et tropicales*. Paris, Masson, 260 p.
- Gisclard F., 1985, *Etude de la situation actuelle de l'aquaculture d'étangs du Limousin*. Limoges, SRAE Limousin, 45 p.
- Gisclard F., 1990, *Expérimentation de grossissement de saumoneaux de repeuplement dans un étang limousin*. Limoges, Service régional de l'aménagement des eaux, Direction régionale de l'agriculture et de la forêt du Limousin, Ahun, Scica piscicole du Limousin, 13 p. + annexes.
- Godard A. & Tabeaud M., 1993, *Les climats, mécanismes et répartition*. Paris, Armand Colin, col. « Cursus », 192 p.
- Golay E., 1998, « Un paratonnerre pour l'arbre de la liberté » in Carozzi A.V., Crettaz B. & Ripoll D., Resp., *Les plis du temps, mythe, science et H.-B. de Saussure*. Genève, Payot Amoudruz, 367 p. : 155-199.
- Goldman C.R. & Horne A.J., 1983, *Limnology*. New York, Mc Graw Hill, 464 p.
- Golterman H.L., 1975, *Physiological limnology*. Amsterdam, Elsevier, 363 p.
- Gophen M., 1979, « Bathymetrical distribution and diurnal migrations of zooplankton in Lake Kinneret (Israel) with particular emphasis on *Mesocyclops leukarti* (Claus) » *Hydrobiologia*, 64 : 199-208.
- Gorceix Ch., 1922a, « Répartition des températures dans le lac du Bourget » *Revue de Géographie Alpine*, 10 : 417-427.

- Gorceix Ch., 1922b, « Sonde thermo-électrique à grand rendement pour les lacs » *Bulletin Direction Recherches et Inventions* : 731-752.
- Graf W.H., 1982, *Hydrodynamics of the Lake Geneva*. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale, 44 p.
- Graf W.H., 1983, « Hydrodynamics of the Lake Geneva » *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie*, 45(1) : 62-100.
- Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, 1979, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p.
- Graf W.H., Perrinjacquet C., Bauer S.W., Prost J.P. & Girod H., 1979, « Measuring on Lake Geneva (le Léman) » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 123-147.
- Graffouillère M., 2000, *Etude limnologique et hydrologique de trois étangs de la région de Cieux*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise en géographie, 91 p.
- Graffouillère M., 2001, *Les deltas d'étang, une étude limnologique à différentes échelles*. Univ. Limoges, mémoire de DEA en géographie, 96 p.
- Gras R. & Gilbert A., 1987, *Régime thermique de la Durance entre Espinasse et Tallard, influence des débits*. Chatou, EDF, Direction des Etudes et Recherches, Rapport E 36-87-n°11, 25 p. + 58 p. annexes.
- Gray B.M., 1974, « Early Japanese winter temperature » *Weather*, 29 : 103-107.
- Guichonnet P., 1988, *Le guide du Léman*. Lyon, La Manufacture, 342 p.
- Guiyette L. & Sabathe P., 1964, *Acoustique sous-marine*. Paris, Dunod, 251 p.
- Guilcher A., 1979, *Précis d'hydrologie marine et continentale*. Paris, Masson, 2^e éd., 344p.
- Håkanson L., 1981, *A Manual of Lake Morphometry*. Berlin, Springer, 78 p.
- Håkanson L. & Jansson M., 1983, *Principles of Lake Sedimentology*. Berlin, Springer, 316 p.
- Halbfaß W., 1902, « Über Seespiegelschwankungen im Madüsee » *Z. Gewässererk.*, 5 : 15-. Cité par Halbfaß, 1922.
- Halbfaß W., 1903, « Über Seespiegelschwankungen im Madüsee » *Z. Gewässererk.*, 6 : 65-. Cité par Halbfaß, 1922.
- Halbfaß W., 1909, « Zur frage der Temperaturseiches » *Petermann's Mitteilungen*, 55. Cité par Mortimer, 1952.
- Halbfaß W., 1910a, « Zur frage der Temperaturseiches. II » *Petermann's Mitteilungen*, 56 : 139. Cité par Mortimer, 1952.
- Halbfaß W., 1910b, « Gibt es im Madüsee Temperaturseiches ? » *Internationale Revue der gesamten Hydrographie*, Supplement 1, 3 : 1-40.
- Halbfaß W., 1922, « Die Seen der Erde » *Petermann's Mitteilungen*, Ergänzungsheft, 185 : 1-169.
- Halbfaß W., 1923, *Grundzüge einer vergleichenden Seenkunde*. Berlin, Bornträger, 354 p.
- Hamberg A., 1911, « Dichteunterschiede und Temperaturverteilung hauptsächlich der Binnenseen » *Petermann's Geographische Mitteilungen*, II(6) : 306-312.
- Hamelin L.-E., 1999, « Y a-t-il assez de géographie dans la définition du fleuve ? » in *Géographie et liberté, mélanges Paul Claval*. Paris, L'Harmattan : 163-172.
- Harper P.-P., 1995, « Croissance et dynamique des populations d'invertébrés benthiques » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 368-388.
- Harris R.A., 1909, « Tides in lakes and wells » in *Manual of tides*. Report Superintendent of the Coast and Geodetic Survey : 483-487, cité par Hutchinson, 1957.
- Hasler A.D., 1947, « Eutrophication of lakes by domestic drainage » *Ecology*, 28 : 383-395.
- Hayford J.F., 1922, *Effects of winds and of barometric pressures on the Great Lakes*. Washington, Carnegie Institute, publ. n° 317, 133 p. Cité par Hutchinson, 1957.
- Hearne V., 1705, « Memorabilia nonnulla lacus Vetteri » *Philosophical Transactions*, 24 : 1938-1946. Cité par Hutchinson, 1957.
- Heggens J. & Traaen T., 1988, « Downstream migration and critical water velocities in stream channels for fry of four salmonid species » *Journal of Fish Biology*, 32 : 717-727.
- Henderson-Sellers B., 1982, « Reservoir destratification techniques and models » in American Society of Civil Engineers, *Proceedings Applying Research to Hydraulic Practice Conference*. Mississippi : 697-706. Cité par Imberger & Patterson, 1990.
- Henderson-Sellers B., 1984, *Engineering limnology*. Boston, Pitman. 356 p.
- Herdendorf C.E., 1990, « Distribution of the world's large lakes » in Tilzer M.M. & Serruya C., ed., *Large lakes, ecological structure and function*. Berlin, Springer, 691 p. : 3-38.
- Hermann M.-T., 1993, *Le Chablais d'autrefois*. La Fontaine de Siloé, 200 p.
- Herodek S., Laskó L. & Virág A., 1988, *Lake Balaton, research and management*. Budapest, Ilec, 110 p.
- Hitchman M.-L., 1978, *Measurement of dissolved oxygen*. New York, J. Wiley & Sons, "Chemical Analysis", vol. 49, 255 p.
- Hivernaud A., 1976, *Petite histoire de Cieux, Haute-Vienne : de l'Age de Pierre à la fin du XIX e siècle*. Nice, chez l'auteur, 148 p.
- Hoak D.R., 1961, « The thermal pollution problem » *Journal of Water Pollution Control Federation*, 33 : 1267-1276.
- Hobbie J.E., 1984, « Polar Limnology » in Taub F.B., Ed, *Lakes and Reservoirs*. Amsterdam, Elsevier, Ecosystems of the world n° 23, 643 p. : 63-105.
- Hopkins C.L., 1971, « The annual temperature regime of a small stream in New Zeland » *Hydrobiologia*, 37 : 397-408.
- Horiuchi S., 1982, « Nihon no kosho no tokushitsu to sore wo meguru shomondai » *Chiri, Kokon Shoin*, 27(5) : 1-22.
- Horn W., 1979, « 'Lake of Zuerich 1978' – A physical limnological experiment » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 65-75.
- Horn W., Mortimer C.H. & Schwab D.J., 1986, « Wind-induced internal seiches in Lake Zurich observed and modeled » *Limnology and Oceanography*, 31 : 1232-1254.
- Horne A.J. & Goldman C.R., 1994, *Limnology*. New York, McGraw-Hill, 2nd ed., 576 p.
- Hostetler S.W., 1995, « Hydrological and thermal response of lakes to climate : description and modelling » in Lerman A., Imboden D. & Gat J., Ed., *Physics and Chemistry of Lakes*. Berlin, Springer, 334 p. : 63-82.
- Hubert P., Marin E., Meybeck M., Olive P. & Siwertz E., 1969, « Aspects hydrologique, géochimique et sédimentologique de la crue du 22 septembre 1968 » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 22(3) : 581-604.
- Hudry M., Châtel J., Bérnard A. & Favre A., 1989, *Découvrir l'histoire de Savoie*. Albertville, Centre de la Culture Savoyarde, 240 p.
- Huet M., 1952, *Traité de pisciculture*. Bruxelles, éd. La Vie Rustique, 369 p.
- Hussy C., Dir., 1991, *Atlas du bassin genevois et de la région lémanique*. Genève, Association de l'Encyclopédie, 143 p.
- Hutchinson G.E., 1937, « A contribution to the limnology of arid regions primarily founded on observations made in the Lahontan Basin » *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 33 : 47-132.
- Hutchinson G.E., 1957, *A Treatise on Limnology*. New York, John Wiley & Sons, vol. I, « Geography, physics and chemistry », 1015 p.
- Hutchinson G.E., 1967, *A Treatise on Limnology*. New York, John Wiley & Sons, vol. II, « An introduction to lake biology and limnoplankton », 1115 p.
- Hutchinson G.E., 1975, *A Treatise on Limnology*. New York, John Wiley & Sons, vol. III, « Limnological botany », 660 p.
- Hutchinson G.E. & Löffler H., 1956, « The thermal classification of lakes » *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, 42 : 84-86.

- Hutchinson J.W. & Wu T., 1990, *Advances in applied mechanics*. San Diego, Academic Press, vol. 27, 495 p.
- Hutter K., Ed, 1984, *Hydrodynamics of lakes*. Berlin, Springer, 332 p.
- Hutter K., Bauer G., Wang Y. & Gütting P., 1998, « Forced motion response in enclosed lakes » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 137-166.
- Hynes H.B.N., 1970, *The ecology of running waters*. Liverpool, University Press, 555 p.
- Ichikawa M., Horiuchi S., Takayama S. & Kayane I., 1980, « Inland water and water resources in Japan » in Association of Japanese Geographers, Ed, *Geography of Japan*. Tokyo, Teikoku-Shoin, 440 p. : 73-98.
- Illies J., 1955, « Der biologische Aspekt der limnologischen Fließgewässer » *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.*, 22 : 337-346.
- Illies J., 1961, « Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 46 : 205-213.
- Illies J. & Botosaneanu L., 1963, « Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point de vue faunistique » *Mitteilungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 12 : 1-57.
- Imberger J., 1979, « Mixing in reservoirs » in Fischer H.G., List R.C.Y., Koh J., Imberger J. & Brooks N.H., Ed, *Mixing in inland and coastal waters*. New York, Academic Press, 485 p. : 148-228.
- Imberger J., 1985, « The diurnal mixed layer » *Limnology and Oceanography*, 30(4) : 737-770.
- Imberger J., Ed, 1998, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p.
- Imberger J., 1998a, « Preface » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : IX-X.
- Imberger J., 1998b, « Flux paths in a stratified lake : a review » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 1-18.
- Imberger J. & Patterson J.C., 1990, « Physical limnology » in Hutchinson J.W. & Wu T., *Advances in applied mechanics*. San Diego, Academic Press, vol. 27, 495 p. : 303-475.
- Imboden D.M., 1990, « Mixing and transport in lakes : mechanisms and ecological relevance » in Tilzer M.M. & Serruya C., ed., *Large lakes, ecological structure and function*. Berlin, Springer, 691 p. : 47-80.
- Imboden D.M. & Wüest A., 1995, « Mixing mechanisms in lakes » in Lerman A., Imboden D. & Gat J., Ed, *Physics and chemistry of lakes*. Berlin, Springer, 334 p. : 83-138.
- Isely L., 1901, *Histoire des sciences mathématiques dans la Suisse française*. Neuchâtel, Imprimerie Nouvelle, 215 p.
- Ishiguro N., 1998, *Les qualités de l'eau de trois lacs eurasiatiques et leur environnement humain*. Univ. Limoges, mémoire de DEA de géographie, 65 p. + 40 p. d'annexes.
- Ishiguro N. & Touchart L., 2001, « Sur la trace des dieux de la banquise du lac Suwa » *La Géographie, Acta Geographica*, 173(125-1500) : 27-34.
- Ishiguro N., Kajiwara M., Fujita T., Akiba Y. & Touchart L., 2001, « Heterogeneity of the Omiwatari records of Lake Suwa as the data-base for winter temperature estimation ». Melbourne, Australia, 28th Congress SIL, 4-10 February 2001, 1 poster.
- Ivanoff A., 1972, *Introduction à l'océanographie, propriétés physiques et chimiques des eaux de mer*. Paris, Vuibert, tome I, 208 p.
- Jallabert J., 1741, « Seiches ou flux et reflux du lac de Genève » *Histoire de l'Académie Royale des Sciences pour l'année 1741* : 26-. Cité par Saussure, 1779.
- James H.R. & Birge E.A., 1938, « A laboratory study of the absorption of light by lake waters » *Transactions of the Wisconsin Academy of sciences, Arts and Letters*, Madison, 31 : 1-154.
- Jaske R.T. & Goebel J.B., 1967, « Effects of dam construction on temperatures of Columbia river » *Journal of American Water Works Association*, 59 : 935-942.
- Jatteau P., 2000, « Maîtrise des rejets » in Petit J., coord., *Environnement et aquaculture*. Tome I « Aspects techniques et économiques ». Paris, INRA éditions, 217 p. : 165-174.
- Jaulin E., 1950, « Le barrage de la Girotte » *La Houille Blanche*, 5 : 555-573.
- Jeffreys H., 1923, « The free oscillations of water in an elliptical lake » *Proceedings of the London mathematical Society*, ser. 2, 23 : 455-476.
- Jeffreys H., 1928, « The more rapid longitudinal seiches of a narrow lake » *Mon. Not. R. astr. Soc. Geophys. Suppl.*, 1, 23 : 495-500. Cité par Hutchinson, 1957.
- Jiao C. & Kumagai M., 1995, « Large amplitude nonlinear internal surge in Lake Biwa » *Japanese Journal of Limnology*, 56(4) : 279-289.
- Jiménez F., 1995, « Les âmes du lac, imaginaire cinématographique et organisation mythique de l'espace lacustre » in Barraqué B., Bley D., Boëtsch G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p. : 37-51.
- Johnson D.W., 1919, *Shore Processes and Shoreline Development*. New York, J. Wiley & sons, 584 p.
- Jumars P.A., 1990, « W(h)ither limnology ? » *Limnology and Oceanography*, 35(5):1216-1218.
- Kalecsinsky A.V., 1901, « Über die ungarischen Warmen und Heissen Kochsalzseen als natürliche Wärme-accumulatoren sowie über die Herstellung von Warmen Salzseen und Wärme-accumulatoren » *Földt. Közl.*, 31 : 409-431.
- Kamp-Nielsen L., 1975, « Seasonal variation in sediment-water exchange of nutrient ions in Lake Esrom » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19 : 1057-1065.
- Kanari S., 1984, « The long-period internal waves in Lake Biwa » *Limnology and Oceanography*, 20 : 544-553.
- Kempf M. & Petit J., 2000, « Impact des piscicultures sur l'environnement » in Petit J., Coord., *Environnement et aquaculture*. Tome I : « aspects techniques et économiques ». Paris, INRA, 218 p. : 125-163.
- Kennedy R.H. & Gaugush R.F., 1988, « Assessment of water quality in Corps of Engineers reservoirs » *Lake and Reservoir Management*, 4(2) : 253-260.
- Kishino M. & Hayashi H., 2001, « Optical environment » in Saijo Y. & Hayashi H., Ed, *Lake Kizaki, limnology and ecology of a Japanese lake*. Leiden, Backhuys, 427 p. : 63-69.
- Klaproth H.I., 1825, « Description du lac Baïkal » *Nouvelles Annales des voyages, de la géographie et de l'histoire*, 27 : 289-308.
- Knoppert P.L., Rook J.J., Hofker T. & Oskam G., 1970, « Destratification experiments at Rotterdam » *Journal of American Water Works Association*, 62 : 448-454.
- Kobayashi D., Kodama Y., Ishii Y., Tanaka Y. & Suzuki K., 1995, « Diurnal variations in streamflow and water quality during the summer dry season » *Hydrological Processes*, 9(7) : 833-841.
- Koberg G.E. & Ford M.E., 1965, « Elimination of thermal stratification in reservoirs and the resulting benefits, with special emphasis on study of Lake Wohlford, California » *United States Geological Survey Water Supply Paper*, 1809M : 1-28.
- Kondratyev K.Ya. & Filatov N.N., 1999, *Limnology and remote sensing. A contemporary approach*. Berlin, Springer, & Chichester, Praxis, 406 p.
- Krambeck H.J., Milstein A. & Zoran M., 1994, « Physical limnology of reservoirs in Israel used for crop irrigation and fish farming » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 25 : 1373-1378.

- Krecker F.H., 1931, « Vertical oscillations or seiches in lakes as a factor in the aquatic environment » *Ecology*, 12 : 156-163.
- Kreitmman L., 1931, « Etude des courants du lac Léman » *Les Etudes Rhodaniennes*, 7(2) : 109-130.
- Kreitmman L., 1935, « Contribution à l'étude expérimentale des courants lacustres » *Revue des Eaux et Forêts*, 11 : 704-712.
- Kuusisto E. & Elo A.-R. 2001, « Lake and river ice variables as climate indicators in Northern Europe » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2761-2764.
- Labroue L., Capblanc J. & Dauta A., 1995, « Cycle des nutriments : l'azote et le phosphore » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 727-764.
- Lackey R.T., 1972, « A technique for eliminating thermal stratification in lakes » *Water Resource Bulletin*, 8 : 46-49.
- Lacombe H., 1950, « Les plans de vagues » *Bulletin du Comité Central d'Océanographie et d'Etude des Côtes*, 2 : 180-187.
- Lacombe H., 1953, « Méthode de tracé direct des orthogonales de houle » *Bulletin du Comité Central d'Océanographie et d'Etude des Côtes*, 5 : 80-98.
- Lair N. & Sargos D., 1993, « A 10 years study in the middle course of the River Loire. Patterns of changes in hydrological, physical and chemical variables at the sites of nuclear power plants, in relation to the algal biomass » *Hydroécologie Appliquée*, 5 : 1-27.
- Lam D.C.L. & Durham R.W., 1984, « Finite element analysis of a radioactive tritium patch and a waste heat plume observed near the Pickering Nuclear Power generating Station, Lake Ontario » *Journal of Great Lakes Research* : 635-651.
- Lambert A. & Giovanoli F., 1988, « Records of riverborne turbidity currents and indications of slope failures in the Rhône delta of lake Geneva » *Limnology and Oceanography*, 33(3) : 458-468.
- Lampert W. & Sommer U., 1997, *Limnoecology : the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press, 382 p.
- Langmuir I., 1938, « Surface motion of water induced by wind » *Science*, 187 : 119-123.
- Lan Vu Dinh T., 1985, *Lacs du parc national des Pyrénées, premiers éléments en vue d'une typologie*. Tarbes, Parc National des Pyrénées, 95 p.
- Large A.R.G., Wade P.M., Pautou G. & Amoros, 1993, « Producteurs et productions primaires » in Amoros & Petts, dir., *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p. : 107-124.
- Larinier M., 1985, *Performances de nage des poissons et conditions hydrauliques dans les ouvrages permettant le franchissement des obstacles à la migration*. Cemagref, Dqep, octobre, 10 p. Cité par Cohendet F., 1993, *Le saumon de l'Allier, son histoire, sa vie, son devenir*. Paris, Aidsa, 795 p.
- Lavenu A., 1981, « Origine et évolution néotectonique du lac Titicaca » *Revue d'Hydrobiologie tropicale*, 14(4) : 289-297.
- Lavis M.E. & Smith K., 1972, « Reservoir storage and the thermal regime of rivers, with special reference to the River Lune, Yorkshire » *The Science of the Total Environment*, 1 : 81-90.
- Le Breton D., 1995, *La température des eaux courantes, modélisation appliquée à un cours d'eau socialisé du sud-ouest de l'Angleterre*. Univ. Poitiers & Exeter, mémoire de maîtrise de géographie, 166 p.
- Le Conte J., 1884, « Physical studies on lake Tahoe. III. (Concluded) » *Overland Monthly*, 3 : 41-46.
- Lefranc G., 1923, *Les vents du Léman*. Thonon, P. Pélissier, 46 p.
- Léger L., 1936, « La thermique des lacs de haute montagne et les problèmes biologiques et économiques qu'elle soulève » *Procès-verbaux de la Société dauphinoise d'Etudes biologiques*, 15(271) : 83-94.
- Lehmkuhl D.M., 1972, « Changes in thermal regime as a cause of reduction of benthic fauna downstream of a reservoir » *Journal of Fisheries Research Board Canada*, 29 : 1329-1332.
- Leibovich S., 1983, « The form and dynamics of Langmuir circulations » *Annals Revue of Fluid Mechanics*, 115 : 391-427.
- Lemarchand J.-P. & Galliot M., 1992, *Y'a plus d'saisons ! ?, la mémoire du climat limousin*. Guéret, éd. Verso, 32 p.
- Lemmin U., 1987, « The structure and dynamics of internal waves in Baldeggensee » *Limnology and Oceanography*, 32 : 43-61.
- Lemmin U., 1995, « Limnologie physique » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 60-114.
- Lemmin U., 1998, « Courantologie lémanique » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 51(1) : 103-120.
- Lemmin U., Fer I. & Perrinjaquet C., 1999, « Courantologie lémanique : le refroidissement hivernal » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed, *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, 16-18 septembre 1998, Genève, Slatkine, 922 p. : 53-70.
- Lemmin U., Jiang R. & Thorpe S.A., 1998, « Finescale dynamics of stratified waters near a sloping boundary of a lake » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 461-474.
- Lemmin U. & Mortimer C.H., 1986, « Tests of an extension to internal seiches of Defant's procedure for determination of seiche characteristics in real lakes » *Limnology and Oceanography*, 31 : 1207-1231.
- Lenk M. & Saenger N., 2000, « Exchange processes in the river bed and their influence on temperature variations » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(1) : 427-430.
- Lerman A., Ed, 1978, *Lakes, chemistry, geology, physics*. Berlin, Springer, 363 p.
- Lerman A., Imboden D. & Gat J., Ed, 1995, *Physics and chemistry of lakes*. Berlin, Springer, 334 p.
- Létolle R., 1998, « Les expéditions de Bekovitch-Tcherkassy en Turkestan (1714-1717) et le début de l'infiltration russe en Asie centrale » *Cahiers d'Asie Centrale*, 5-6 : 259-284.
- Létolle R. & Mainguet M., 1993, *Aral*. Paris, Springer France, 357 p.
- Létolle R. & Touchart L., 1998, *Grands lacs d'Asie*. Paris, L'Harmattan, col. « Ecologie et agronomie appliquées », 232 p.
- Leurechon J., 1624, *Récréation mathématique*. Pont-à-Mousson. Cité par Birembaut, 1992.
- Lévy B., Matos R. & Raffestin S., 1999, « L'image du Léman à travers la paralittérature et la promotion touristique aux XIX e et XX e siècles. Le cas genevois » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 811-827.
- Lewis W.M. Jr, 1973, « The thermal regime of Lake Lanao (Philippines) and its theoretical implications for tropical lakes » *Limnology and Oceanography*, 18 : 200-217.
- Lewis W.M. Jr., 1983, « A revised classification of lakes based on mixing » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40 : 1779-1787.
- L'Harpe A. de, 1999, « Lacs, montagnes et représentations. Entre horizontalités et verticalités. Le Léman, lac alpin » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 799-810.
- Likens G.E., « A long-term record of ice cover for Mirror Lake, New Hampshire : effects of global warming ? » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2765-2769.
- Lind O.T., 1985, *Handbook of Common Methods in Limnology*. Dubuque, Iowa, Kendall-Hunt Publishing Company, 2nd ed, 199 p.
- Livingston D.M., 2001, « Large-scale forcing detected in historical observations of lake ice break-up » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2775-2783.
- Löffler H., 1957, « Die klimatischen Typen des holomiktischen Sees » *Mitteilungen der geographischen Gesellschaft Wien*, 99 : 35-44.

- Lorenzen M.W. & Mitchell R., 1975, « An evaluation of artificial destratification for control of algal bloom » *Journal of American Water Works Association*, 67 : 373-376.
- Loup J., 1950, « La pêche dans le lac du Bourget » *Revue de Géographie Alpine*, 38(1) : 157-175.
- Loup J., 1967, « Les lacs à l'honneur » *Revue de Géographie Alpine*, 55(1) : 215-219.
- Loup J., 1971, « Influence d'un grand lac sur les températures de l'air de ses littoraux : exemple le lac Léman » in Gualtierotti R. & Solimene U., *Lacustrine climatology*. Como, Proceedings of the International Congress, 1019 p. : 270-278.
- Loup J., 1974, *Les eaux terrestres*. Paris, Masson, 174 p.
- Loup J., 1981, « La sauvegarde d'un lac : le lac du Bourget » in *Eau et climats, mélanges géographiques offerts en hommage à Charles-Pierre Péguy*. Grenoble, CNRS, 598 p. : 313-324.
- Loup J., 1986, « Les lacs subalpins de Paladru au Léman » in CNDP, *Les lacs préalpins*. Grenoble, CRDP, 111 p. : 3-15.
- Loup J. & Billet J., 1971, « L'influence d'une nappe d'eau lacustre sur les températures de l'air et ses rivages. Exemple du lac Léman et du lac Majeur » *Revue de Géographie Alpine*, 59(4) : 457-471.
- Luetlich, R., Harleman D. & Somlyódy L., 1990, « Dynamic behaviour of suspended sediment concentrations in a shallow lake perturbed by episodic wind events » *Limnology and Oceanography*, 35(5) : 1050-1067.
- MacIntyre S. & Romero J.R., 2000, « Predicting upwelling, boundary mixing, and nutrient fluxes in lakes » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(1) : 246-250.
- Mackichan K.A., 1967, « Diurnal Temperature Variations of three Nebraska Streams » *US Geological Survey Professional Paper*, 575-B : 233-234.
- Mackie G.L., Rooke J.B. & Gerrath J.F., 1983, « Effects of changes in discharge level on temperature and oxygen regimes in a new reservoir and downstream » *Hydrobiologia*, 101 : 179-188.
- Makkaweew W.M., 1936, « III. Bemerkungen über die Theorie der langen internen Wellen » *V. hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten*. Finland, Juni 1936, Bericht 15. Helsinki, Helsingfors, Valtioneuvoston Kirjapaino : 12-19.
- Magnin A., 1893, « Contribution à la limnologie française: les lacs de Jura » *Annales de Géographie*, 2(9) : 20-41.
- Magnin A., 1894, « Contribution à la limnologie française: les lacs de Jura (suite) » *Annales de Géographie*, 3 : 213-226.
- Magnin A., 1895, *Les lacs du Jura*. Lyon, H. Georg, 96 p.
- Magnuson J.J., Wynne R.H., Benson B.J. & Robertson D.M., 2001, « Lake and river ice as a powerful indicator of past and present climates » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2749-2756.
- Magrini P., 1905, « I recenti studi sulle sesse nei laghi Italiani » *Riv. Geogr. Ital.*, 12. Cité par Halbfass, 1923.
- Malatre K. & Gosse Ph., 1995, « Is it possible to influence water temperature and quality in the River Seine upstream of Paris in summer by managing the upstream reservoirs ? » *Water Science and Technology*, 31(8) : 67-77.
- Maleval V., 1998, *Aspects du fonctionnement physique d'un réservoir hydrique : le lac de Saint-Pardoux*. Univ. Limoges, mémoire de DEA en géographie, 64 p. + annexes.
- Maleval V., 1999, « L'évolution des rivages des lacs de barrages artificiels. L'exemple du lac de Saint-Pardoux en Limousin, France » *Norois*, 46(183) : 453-464.
- Mandych A.F. & Shilkrot G.S., 1995, « Ladoga and Onega Lakes » in Mandych A.F., Ed, *Enclosed Seas and Large Lakes of Eastern Europe and Middle Asia*. Amsterdam, SPB Academic Publishing, 273 p. : 231-273.
- Margalef R., 1975, « Typology of reservoirs » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19 : 1841-1848.
- Margalef R., 1983, *Limnologia*. Barcelona, Omega, 1 010 p.
- Markofsky M., 1979, « Density induced transport processes in lakes and reservoirs » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 99-109.
- Markofsky M. & Harleman D.R.F., 1971, *A predictive model for thermal stratification and water quality reservoirs*. Boston, MIT Hydrodynamics Laboratory, Technical Report n° 134, 283 p.
- Marquette J., 1673, publié 1862, *Découverte de quelques pays et nations de l'Amérique septentrionale*. Non consulté.
- Marquis J., 1998, « Cinq mille trous d'eau minent la Haute-Vienne » *Le Pêcheur de France*, 177 : 90-91.
- Marsh C.W., 1897, « On the limnetic crustacea of Green Lake » *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters*, Madison, 11 : 179-224.
- Martignier D. & de Crousaz A., 1867, « Léman » in *Dictionnaire historique, géographique et statistique du Canton de Vaud*. Lausanne, L. Corbaz et Compagnie : 538-544.
- Martinez P., 1998, *Les températures de l'eau de la Dordogne, tronçon entre Argentat et Tuilières, 10 juillet 1996 – 31 juillet 1997*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise de géographie, 201 p. + 51 p. d'annexes.
- Martonne E. de, 1929, *Traité de Géographie Physique*. Paris, A. Colin, tome I, 4^e édition, 496 p.
- Martonne E. de & Aufrère L., 1928, « L'extension des régions privées d'écoulement vers l'océan » *Annales de Géographie*, 37 : 1-24.
- Marzolf G.R., 1984, « Reservoirs in the Great Plains of North America » in Taub F.B., Ed, *Lakes and Reservoirs*. Amsterdam, Elsevier, col. « Ecosystems of the World » n° 23, 643 p. : 291-302.
- Mathavan S., 1990, « Effect of temperature on the bio-energetics of the larvae of *Brachytemis contaminata* (Fabricius) and *Orthertrum sabina* (Drury) (Anisoptera : Libellulidae) » *Odonatologica*, 19 : 153-165.
- Mats V.D., 1993, « The Structure and Development of the Baikal Rift Depression » *Earth-Science Reviews*, 34 : 81-118.
- Mazumder A., Taylor W.D., Mc Queen D.J. & Leans D.R.S., 1990, « Effects of fish and plankton on lake temperature and mixing depth » *Science*, 247 : 312-315.
- McCarron E.F. & Keighton W.B., 1967, « Effects of released reservoir water on the quality of the Lehigh River, Pennsylvania » *United States Geological Survey Water Supply Paper*, 1879H, 48 p.
- McCarron E.F. & Keighton W.B., 1969, « Water quality and discharge of streams in the Lehigh River, Pennsylvania » *United States Geological Survey Water Supply Paper*, 575D : 262-266.
- McCarter J.A., Hayes F.E., Jodney F.E. & Cameron M.L., 1952, « Movement of materials in the hypolimnion of a lake as studied by the addition of radioactive phosphorus » *Canadian Journal of Zoology*, 30 : 128-133.
- McLeish W., 1968, « On the mechanisms of wind-slick generation » *Deep Sea Research*, 15 : 461-469.
- McManus J. & Duck R.W., 1993, Ed, *Geomorphology and sedimentology of lakes and reservoirs*. Chichester, J. Wiley & Sons, 278 p.
- Mercanton P.-L., 1932, « Etude de la circulation des eaux du Léman » *Mémoires de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 4(27) : 225-271.
- Mercanton P.-L., 1948, « Marées du lac Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 64(271) : 73-75.
- Mercanton P.-L., 1949, « Encore les marées du Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 64(274) : 295-296.
- Mercanton P.-L., 1955, « Les marées du Léman, nouvelles données » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 66(289) : 161-164.

- Merian J.-R., 1828, « Über die Bewegung tropfbarer Flüssigkeit in Gefässen », in Mühl K. van der, 1885, *Mathematische Annalen*, 27 : 575-600.
- Merzi N., Graf W.M. & Perrinjaquet C., 1985, « Vagues dues au vent de sud-ouest sur le Petit Lac (Léman) » *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, 85(26) : 479-482.
- Messierli F.-M., 1956, *Cinq grands savants morgiens : Jean Morax, Victor Morax, Alexandre Yersin, Auguste Forel, François-Alphonse Forel*. Lausanne, Risold, 29 p.
- Météorologie Nationale & Conseil Régional du Limousin, 1989, *Atlas agroclimatique du Limousin*. Ed. Météorologie Nationale, 95 p.
- Meybeck M., 1995a, « Les lacs et leur bassin » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 6-59.
- Meybeck M., 1995b, « Global Distribution of Lakes » in Lerman A., Imboden D. & Gat J., Ed., *Physics and Chemistry of Lakes*. Berlin, Springer, 334 p. : 1-35.
- Meybeck M., Blanc P., Moulherac A.E. & Corvi C., 1991, « Chemical evidence of water movements in the deepest part of Lake Lemman » *Aquatic Sciences*, 53/4 : 273-289.
- Meybeck M., Hubert P., Martin J.-M. & Olive P., 1970, « Etude par le tritium du mélange des eaux en milieu lacustre et estuarien, application au lac de Genève et à la Gironde » *Isotopes Hydrology IAEA* : 523-541.
- Meybeck M. & Pourriot R., 1991, « Introduction : les lacs comme modèle d'océan » *Océanis*, 17(5) : 511-515.
- Milstein A., Krambeck H.J. & Zoran M., 1992, « Effects of wind and depth on stratification in reservoirs for fish culture and field irrigation » *Limnologica*, 22(4) : 375-384.
- Milstein A., Krambeck H.J. & Zoran M., 2000, « Stratification interference practice and modelling as a management tool in fish culture reservoirs » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(1) : 200-205.
- Miossec A., 1998, « Quelques aspects et conséquences de l'élévation du niveau de la Mer Caspienne » *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 75(1) : 31-37.
- Mischalski J. & Lemmin U., 1995, « Dynamics of vertical mixing in the hypolimnion of a deep lakethe Lake of Geneva » *Limnology and Oceanography*, 40 : 809-816.
- Miyaji N., 1931, *Suwashi dai 2 kan kanmatsu furoku*. Suwa, Shinano Kyoiku Kai, 346 p.
- Moatar F., 1997, *Modélisations statistiques et déterministes des paramètres physico-chimiques utilisés en surveillance des eaux de rivières : application à la validation des séries de mesures en continu (cas de la Loire moyenne)*. Grenoble, thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique, 290 p.
- Monod R., 1976, « La vie du lac » in Amberger G. et al., *Le Léman, un lac à découvrir*. Paris, Vilo, 233 p. : 63-86.
- Monod R., Blanc P. & Corvi C., 1984, « Le régime thermique du Léman » in Commission Internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution, *Le Léman, synthèse 1957-1982*. Lausanne, 650 p. : 75-88.
- Mori S., Saijo Y., Mizuno T., 1984, « Limnology of Japanese lakes and ponds » in Taub F.B., Ed, *Lakes and reservoirs*. Amsterdam, Elsevier, col "Ecosystems of the world" n° 23, 643 p. : 303-329.
- Morlot A., 1854, « Sur les terrasses diluviennes du Lac Léman » *Bulletin de la Société Vaudoise de Sciences Naturelles*, 14(77) : 653-664.
- Mortimer C.H., 1942, « The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes » *Journal of Ecology*, 29 : 280-329 & 30 : 147-201.
- Mortimer C.H., 1951, « Discussion » in Berg K., « The content of limnology demonstrated by F.-A. Forel and August Thienemann on the shore of Lake Geneva. Some historical remarks » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 11, Congress in Belgium, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung : 41-57 : 57.
- Mortimer C.H., 1952, with an appendix by Longuet-Higgins M.S., « Water movements in lakes during summer stratification, evidence from the distribution of temperature in Windermere » *Transactions of the Royal Society of London*, 236B, 355-404.
- Mortimer C.H., 1953a, « The resonant response temperature measurement in limnology » *Mitteilungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 1, 25 p.
- Mortimer C.H., 1953b, « A review of stratified lakes to wind » *Schweizerische Zeitschrift der Hydrologie*, 15 : 94-151.
- Mortimer C.H., 1955, « Some effects of the earth's rotation on water movement in stratified lakes » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 12 : 66-77.
- Mortimer C.H., 1974, « Lake hydrodynamics » *Mitteilungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 20 : 124-197.
- Mortimer C.H., 1975, « Substantive corrections to SIL communications numbers 6 and 20 » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19 : 60-72.
- Mortimer C.H., 1981, « The Oxygen content of air-saturated freshwaters over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological interest » *Mitteilungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 22 : 23 p.
- Mortimer C.H. & Moore W.H., 1953, « The use of thermistors for the measurement of lake temperatures » *Mitteilungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 2, 42 p.
- Mortom F.I., 1983, « Operational estimates of lakes evaporation » *Journal of Hydrology*, 66 : 77-100.
- Mottaz E., 1914-1921, « Forel » in *Dictionnaire historique, géographique et statistique du canton de Vaud*. Lausanne.
- Müllner J., 1896, « Die Seen des Salzkammergutes und die österreichische Traun » *Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien*, 6(1) : 1-115.
- Munk W.H. & Anderson E.R., 1948, « Notes on a theory of the thermocline » *Journal of Marine Research*, 7 : 276-295.
- Münnich M., 1993, On the influence of bottom topography on the vertical structure of internal seiches. Zurich, ETH Dissert. N° 10 434. Cité par Imboden & Wüest, 1995.
- Münnich M., Wüest A. & Imboden D.M., 1992, « Observations of the second vertical mode of the internal seiche in an alpine lake » *Limnology and Oceanography*, 37 : 1705-1719.
- Murray J., 1888, « On the effects of winds on the distribution of temperature in the sea- and freshwater lochs of the west of Scotland » *Scottish Geographical Magazine*, 4 : 345-365.
- Murray J. & Pullar L., 1910 *Bathymetric survey of the Scottish fresh-water lochs*. Edinburgh, Challenger Office, vol. I, 785 p.
- Murthy C.R., 1973, « A comparison of Lagrangian and Eulerian current measurements in coastal waters of Lake Ontario » *Proceedings of the 16th Conference, Great Lakes Research* : 1034-1037.
- Nakamura S. & Honda K., 1911, « Seiches in some lakes of Japan » *J. Coll. Sci. Tokyo*, 28(5) : 1-95. Cité par Hutchinson.
- Nakao K., 1971, « Study on the stability of water levels in lakes and swamps » *Hokkaido daigaku Chibutsu kenkyu Hokoku*, 25 : 25-87.
- Naumenko M. 1994, « Some aspects of the thermal regime of large lakes : Lake Ladoga and Onega » *Water Pollution Research Journal Canada*, 29(2-3) : 423-439.
- Neumann G., 1949, « Die Entstehung der Wasserwellen durch Wind » *Deutsche hydrographische Zeitung*, 2. Cité par Dietrich, 1963.
- Neumann G., 1952, « On the complex nature of ocean waves and the growth of the sea under the action of wind » in *Gravity waves Circ. US Bur. Stand.*, 521 : 61-68. Cité par Hutchinson, 1957.
- Neumann G., 1953, « An ocean wave spectra and a new method of forecasting wind generated sea » *Beach Erosion Board, Technical Memor.*, 43. Cité par Guilcher, 1979.

- Neumann J., 1953, « Energy balance and evaporation from sweet water lakes of the Jordan Rift » *Bull. etin of the Research Council of Israel*, 2 : 337-357.
- Neuwirth F., 1979, « Experiences from the estimation of evaporation from a shallow lake » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 313-323.
- Neveu-Lemaire M., 1906, *Les lacs des Hauts Plateaux de l'Amérique du Sud*. Paris, Imprimerie Nationale, Librairie H. le Soudier, 197 p.
- Nichols W.R., 1880, « On the temperature of fresh-water ponds and lakes » *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, 21: 53-82.
- Nicod J., 1978, « Les eaux et l'aménagement des poljés du karst dinarique » *Méditerranée*, 1-2 : 85-103.
- Nicod J., 1989, « Du nouveau sur l'édification des barrages de travertins de Plitvice (Croatie) » *Méditerranée revue géographique des Pays Méditerranéens*, 68(2-3) : 85-86.
- Nicod J., 1997, « Barrages en terrains karstiques, problèmes géomorphologiques et géotechniques dans le domaine méditerranéen » in Tabeau M., Pech P. & Simon L., éd., *Géo-Méditer. Géographie physique et Méditerranée, Hommage à G. Beaudet & E. Moissenet*. Paris, Presses Universitaires de la Sorbonne : 185-200.
- Nicod J., 1999, « Phénomènes karstiques et mouvements de terrain récents dans le département du Var, problèmes d'impact » in *Risques naturels*. Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, 120^e Congrès des Sociétés savantes, Aix-en-Provence, 1995 : 115-130.
- Nicod J. & Rossi G., 1979, « Données nouvelles sur l'hydrologie du lac Victoria » *Annales de Géographie*, 488 : 459-466.
- Nishizama T. & Yamabe K., 1970, « Change in downstream temperature caused by the construction of reservoirs » *Tokyo University Science Reports*, Section C, 10 : 137-148.
- Nümann V., 1938, « Die Verbreitung des Rheinwassers im Bodensee » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 36 : 501-530.
- Okuda S., Kurata R., Nagaoka M., & Sawamura K., 1991, *Sora kara miru nihon no kosho*. Tokyo, Maruzen, 240 p.
- Okumura Y. & Endoh S., 1997, « Continuous current measurements in Lake Biwa. III. Results of long-term observation over one year » *Japanese Journal of Limnology*, 58(3) : 293-303.
- Oliva-Teles A. & Rodrigues A., 1993, « The effect of high temperatures and dietary protein on metabolic utilization of diets by rainbow trout » in Kaushik S. & Luquet P., *Fish Nutrition in Practice*. Proceedings of the IVth International Symposium on Fish Nutrition and Feeding, Biarritz (France), June 24-27, 1991. Paris, INRA, col. « Les colloques » n° 61, 972 p. : 301-305.
- Olive P., 1971, « F.-A. Forel (1841-1912), promoteur de la limnologie moderne » *Bulletin de l'Association Romande pour la Protection des Eaux*, 46 : 18-24.
- Olszewski P., 1953, « The thermal conditions of mountain lakes » *Bull Acad polon Sci Lett, série A* : 239-290. Cité par Dussart, 1992.
- Oppenheimer C., 1997, « Remote sensing of the colour and temperature of volcanic lakes » *International Journal of remote Sensing*, 18(1) : 5-37.
- Oren A. & Gavrieli I., 2002, « The Dead Sea, recent changes in the limnology of a hypersaline terminal desert lake » *Sil News*, 35(January) : 1-5.
- Osgood R.A. & Stiegler J.E., 1990, « The effects of artificial circulation on a hypereutrophic lake » *Water Resource Bulletin*, 26 : 209-217.
- Paffen K., 1966, « Die täglichen Temperaturschwankungen als geographisches Klimacharakteristikum » *Erdkunde*, 20 : 252-265.
- Paffen K., 1967, « Das Verhältnis der Tages- zur Jahreszeitlichen Temperaturschwankung » *Erdkunde*, 21 : 94-111.
- Pagny P., 1988, *Climats et cours d'eau de France*. Paris, Masson, col. Géographie, 248 p.
- Papon P., 2001, *Sédiments et eutrophisation en plan d'eau peu profond : la baie de Keszthely du Balaton*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise en géographie, 96 p.
- Papon P., 2002, *Le fonctionnement des plans d'eau superficiels : les problèmes de vulnérabilité et de gestion au Balaton et en Limousin*. Univ. Limoges, mémoire de DEA en géographie, 103 p.
- Pardé M., 1925, *Le régime du Rhône, étude hydrologique*. Lyon, Etudes Rhodaniennes, tome I, 887 p., tome II, 440 p.
- Pardé M., 1962, « La crue exceptionnelle d'octobre 1960 dans l'ouest du Massif central » *Annales de Géographie*, 71 : 36-63.
- Pardé M. & Frécaut R., 1967, « Hydrologie fluviale, les glaces fluviales en milieu tempéré océanique et continental » *Revue géographique de l'Est*, : 461-476.
- Parker F.L. & Krenkel P.A., 1970, *Physical and engineering aspects of thermal pollution*. London, Butterworths, 100 p.
- Paschalski J., 1964, « Circulation types of lakes » *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, Warszawa, 12(3) : 383-408.
- Passowicz K., 1938, « Ein meromiktischer See im Suwalki-Gebiet » *Arch. Hydrob. Ryb.*, 9 : 210-214. cité par Paschalski.
- Patterson J.C. & Imberger J., 1989, « Simulation of bubble plume destratification systems in reservoirs » *Aquatic Sciences*, 51 : 3-18.
- Patterson J.C., Hamblin P.F. & Imberger J., 1984, « Classification and dynamics simulation of the vertical density structure of lakes » *Limnology and Oceanography*, 29(4) : 845-861.
- Payne A.L., 1986, *The Ecology of Tropical Lakes and Rivers*. New York, J. Wiley & sons, 301 p.
- Pech P. & Régnauld H., 1992, *Géographie physique*. Paris, PUF, col. 1^{er} cycle, 434 p.
- Pédélaborde P., 1982, *Introduction à l'étude scientifique du climat*. Paris, Sedes, 353 p.
- Péguy Ch. P., 1970, *Précis de climatologie*. Paris, Masson, 2^e éd., 468 p.
- Péguy Ch. P., 1989, *Jeux et enjeux du climat*. Paris, Masson, 256 p.
- Peiry J.-L. & Marnézy A., 2000, « Les barrages et réservoirs hydroélectriques des Alpes françaises et leurs impacts sur les cours d'eau » in Bravard J.-P., Coord., *Les régions françaises face aux extrêmes hydrologiques, gestion des excès et de la pénurie*. Paris, Sedes, 288 p.: 190-209 p.
- Penaz M., Kubicek F., Marvan P. & Zelinka M., 1968, « Influence of the Vir River Valley Reservoir on the hydrobiological and ichthyological conditions in the River Svratka » *Acta Sci. Nat. Brno*, 2 : 1-60. Cité par Roux & Cobb, 1993
- Penck A., 1882, *Die Vergletscherung der deutschen Alpen, ihre Ursachen, periodische Wiederkehr und ihr Einfluss auf die Bodengestaltung*. Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 483 p. : 325-432.
- Penck A., 1894, *Morphologie der Erdoberfläche*. Stuttgart, Engelhorn, vol. II, 696 p. : 233-327.
- Penck A., 1898, « Friedrich Simony, Leben und Wirken eines Alpenforschers » *Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien*, 6(3) : 1-72.
- Periáñez M., 1995, « Au fond du lac, quoi ? Freud hydrologue, lieux possibles de l'imaginaire lacustre dans une anthropologie psychanalytique » in Barraqué B., Bley D., Boëtsch G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p. : 53-58.
- Perpillou A., 1940, *Le Limousin, étude de géographie physique régionale*. Paris, Hachette, thèse d'Etat, 257 p.
- Petr T., 1992, « Lake Balkhash, Kazakhstan » *International Journal of Salt Lakes Research*, 1 : 21-46.
- Phlipponneau M., 1999, *La géographie appliquée*. Paris, A. Colin, 300 p.
- Pichler W., 1939, « Unsere derzeitige Kenntnis von der Thermik kleiner Gewässer. Thermische kleingewässer typen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 38 : 231-242.
- Pickard G.L., 1975, *Descriptive physical oceanography*. Oxford, Pergamon, 2nd ed, 214 p.

- Pilet P.-E., 1963, « François-Alphonse Forel 1841-1912 » *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 310 : 189-193.
- Pinaud J., 1980, *Atlas climatique du Limousin et recueil de données climatologiques 1964-1978*. Limoges, Météofrance, 77 p.
- Plantamour P., 1877, « Notes sur quelques observations limnimétriques faites à Sécheron » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 58 : 302-307.
- Plantamour P., 1878, « Le limnologue de Sécheron, près Genève » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 64 : 318-331.
- Plauchu J., 1971, *Etude des courants du lac Léman du Rhône à la frontière Vaud-Genève, 1969-1970*. Genève, Rapport du Bureau d'études et de travaux hydrologiques et d'océanologie côtière, 98 p.
- Plisnier P.-D., 2001, « Recent climate and limnology changes in Lake Tanganyika » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2670-2673.
- Pompilio L., Ambrosetti W. & Barbanti L., 1996, « Morphometry and thermal stratification in Italian lakes. 1. Predictive models » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 54 : 1-29.
- Poole H.H., & Atkins W.R.G., 1929, « Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year » *Journal of Marine Biological Association United Kingdom*, 16 : 297-324. Cité par Lemmin, 1995.
- Pornon H., 1992, *Les SIG, mise en œuvre et applications*. Paris, Hermès, 160 p.
- Pourriot R. & Meybeck M., 1995, « Les milieux lacustres » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 1-3.
- Pourriot R. & Meybeck M., 1995, « Zonation physique, chimique et écologique dans les lacs » in Pourriot R. & Meybeck M., Dir., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 404-410.
- Pouyaud B. & Colombani J., 1989, « Les variations extrêmes du lac Tchad : l'assèchement est-il possible ? » *Annales de Géographie*, 98(545) : 1-23.
- Pouyol L., 1999, *La centrale électronucléaire de Civaux, les impacts économiques sur huit communes rurales de la périphérie*. Univ. Limoges, maîtrise de géographie, 119 p.
- Pustelnik G., dir., 1993, *Rivières et vallées de France : la Dordogne*. Toulouse, Privat, 197 p.
- Quintero J.E. & Garton J.E., 1973, « A low energy lake destratification » *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 16 : 973-978.
- Quirke T.T., 1925, « The undertow » *Science*, 61 : 468.
- Rabino Massa E. & Reddavid M., 1995, « L'image du lac à travers la littérature » in Barraqué B., Bley D., Boëtsch G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p. : 29-32.
- Radford D.S. & Hartland-Rowe R., 1971, « A preliminary investigation of bottom fauna and invertebrate drift in an unregulated and a regulated stream in Alberta » *Journal of Applied Ecology*, 8 : 833-903.
- Ragotzkie R.A., 1978, « Heat Budgets of Lakes » in Lerman A. Ed, *Lakes : Chemistry, Geology, Physics*. New York, Springer, 363 p. : 1-19.
- Ramade F., 1991, « Pollution thermique des eaux » in *Eléments d'écologie*. Paris, Mc Graw Hill, 578 p. : 299-316.
- Ramming H.-G., 1979, « The dynamics of shallow lakes subject to wind : an application to Lake Neusiedl, Austria » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 65-75.
- Rebérac S., 1998, *L'Etang de la Pouge : étude géomorphologique et hydrologique*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise de géographie, 111 p. + 23 p. d'annexes.
- Reclus E., 1869, *Histoire d'un ruisseau*. Rééd. 1995, Arles, Actes sud, 219 p.
- Reynolds C.S., 1989, « Physical determinants of phytoplankton succession » in Sommer U., Ed, *Plankton ecology : succession in plankton communities*. Berlin, Springer, 369 p. : 9-56.
- Reynolds C.S., Wiseman S.W. & Clarke M.J.O., 1984, « Growth and loss rate responses of phytoplankton to intermittent artificial mixing and their potential application to the control of planktonic algal biomass » *Journal of Applied Ecology*, 21 : 11-39.
- Rich P.H. & Wetzel R.G., 1969, « A simple, sensitive underwater photometer » *Limnology and Oceanography*, 14 : 611-613.
- Richardot-Coulet M. & Greenwood M.T., 1993, « Invertébrés aquatiques » in Amoros & Petts, dir., *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p. : 125-149.
- Richerson P.J., 1992, « The thermal stratification regime in Lake Titicaca » in Dejoux C. & Iltis A., Ed, *Lake Titicaca, a Synthesis of Limnological Knowledge*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers Monographiae Biologicae 68, 573 p. : 120-130.
- Richter E., 1891, « Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen » *Verhandlungen der neunten deutschen Geographentages zu Wien am 1., 2. und 3. April 1891*, Berlin, Verlag von Dietrich Reimer, 15 : 189-197.
- Richter E., 1897, « Seenstudien, Erläuterungen zur zweiten Lieferung des Atlas der österreichischen Alpenseen » *Geographische Abhandlungen herausgegeben von Prof. Dr. Albrecht Penck in Wien*, 6(2) : 1-72.
- Richthofen F.F. von, 1886, *Führer für Forschungsreisende, Anleitung zu Beobachtungen über Gegenstände der Physischen Geographie und Geologie*. Berlin, Robert Oppenheim, 745 p. : 261-291.
- Riou C., 1975, *La détermination pratique de l'évaporation, application à l'Afrique centrale*. Paris, Mémoire Orstom n°80, cité par Cosandey et Robinson, 2000.
- Robequain C., 1948, *L'Indochine française*. Paris, A. Colin, 228 p.
- Robertson D.M., Ragotzkie R.A. & Magnuson J.J., 1992, « Lake ice records used to detect historical and future climatic change » *Climatic change*, 21 : 407-427.
- Robertson D.M., Wynne R.H. & Chang W.Y.B., 2001, « Influence of El Niño on lake and river ice cover in the Northern Hemisphere from 1900 to 1995 » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 2784-2788.
- Rodgers G.K., 1965, « The thermal bar in the Laurentian Great Lakes » *Proceedings 8th Conference Great Lakes Research*, Ann Arbor, University of Michigan, 13 : 358-363.
- Rodhe W., 1972, « Limnologie – wo und wozu ? » *Archiv für Hydrobiologie*, Suppl. 42, 1 : 7-13.
- Rodionov S.N., 1994, *Global and regional climate interaction: the Caspian Sea experience*. Amsterdam, Kluwer, 241 p.
- Roux A.L. & Copp G.H., 1993, « Peuplements de poissons » in Amoros & Petts, dir., *Hydrosystèmes fluviaux*. Paris, Masson, 300 p. : 151-166.
- Ruiter M.A. de, Fokkink R.J., Hofstra J.J., Los F.J. & Ouboter R.L., 2001, « Recovery of the Loosdrecht lakes by large sediment traps » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(5) : 3040-3043.
- Russel H.-C., 1885, « Sur les seiches du lac George, Australie (en anglais) » *Anniversary address of the Royal Society of New South Wales*, 6 May : 13-. Cité par Forel, 1895, p. 64.
- Russel I., 1895, *Lakes of North America, a reading lesson for students of geography and geology*. Boston, London, Ginn, 125 p.
- Ruttner F., 1963, *Fundamentals of Limnology*. Toronto, University Press, 295 p.
- Ryanzhin S.V., 1994, « Latitudinal-altitudinal interrelationships for the surface temperatures of the Northern hemisphere freshwater lakes » *Ecological Modelling*, 74(3-4) : 231-253.
- Saijo Y. & Hayashi H., Ed, 2001, *Lake Kizaki, limnology and ecology of a Japanese lake*. Leiden, Backhuys, 427 p.

- Salençon M.-J. & Thébault, 1997, *Modélisation d'écosystème lacustre, application à la retenue de Pareloup (Aveyron)*. Paris, Masson, col. « Recherche en environnement », 183 p.
- Salveit S.J., 1990, « Effects of decreased temperature on growth and smoltification of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian regulated river » *Regulated Rivers : Research and Management*, 5 : 597-618.
- Salveit S.J., Bremnes T. & Brittain J.E., 1994, « Effects of a changed temperature regime on the benthos of a Norwegian regulated river » *Regulated Rivers : Research and Management*, 9 : 93-102.
- Sandström J.W., 1908, « Dynamische Versuche mit Meerwasser » *Annalen der Hydrographie, Berlin*, 36 : 6-23.
- Sarasin E., 1879, « Limnimètre enregistreur transportable. Observations à la Tour-de-Peilz près Vevey » *Archives des Sciences Physiques et Naturelles de Genève*, 2 : 724-733.
- Saringer, 1901, *Temperaturverhältnisse in Resultate der Wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees*. Wien, I, 5. Non consulté.
- Satoh Y., 1986, « A study on thermal regime of Lake Ikeda » *Science reports on Institute of Geoscience, University Tsukuba*, 7 : 55-93.
- Sauberer F., 1962, « Empfehlungen für die Durchführung von Strahlungsmessungen an und in Gewässern » *Mitteilungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 11, 77 p.
- Saussure H.-B. de, 1763, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences pour l'année 1763* : 18-. Cité par Saussure, 1779, p. 13.
- Saussure H.-B. de, 1779, *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel, Samuel Fauche, Imprimeur et Libraire du Roi, tome premier, 540 p.
- Saussure H.-B. de, 1796, *Second Voyage : de Genève à Gènes par le Mont-Cenis, et retour par la côte de Gènes et par la Provence*. Neuchâtel, Samuel Fauche Imprimeur et Libraire du Roi, Tome III, 532 p.
- Savy B., 1999, *La température de l'eau du fleuve Charente, tronçon entre la retenue de Lavaud et Alloue, du 16/11/98 au 30/06/99*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise de géographie, 168 p.
- Savy B., 2000, *Les lacs de Mas Chaban et de Lavaud, et la température des eaux du fleuve Charente durant le soutien d'étiage 2000*. Univ. Limoges, mémoire de DEA de géographie, 119 p.
- Savy B., 2001, *Manuel d'utilisation de l'Oxy 197*. Univ. Limoges, Département de Géographie, document interne, 6 p.
- Schmidt W., 1928, « Über die Temperatur- und Stabilitätsverhältnisse von Seen » *Geografiska Annaler*, 10(1/2) : 145-177.
- Schoeneich P., 1999, « Les terrasses quaternaires du Léman » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 415-429.
- Schwoerbel J., 1987, *Handbook of Limnology*. Chichester, Ellis Horwood, 228 p.
- Scott J.T., Myer G.E., Stewart R.W. & Walther E.G., 1969, « On the mechanisms of Langmuir circulations and their role in epilimnion mixing » *Limnology and Oceanography*, 14 : 493-503.
- Scullard H.H., 1970, *Scipio Africanus : soldier and politician*. Thames & Hudson, 299 p.
- Serruya C. & Pollingher U., 1983, *Lakes on the Warm Belt*. Cambridge University Press, 570 p.
- Servant M. & Servant S., 1983, « Paleolimnology of an Upper Quaternary Endorheic Lake in Chad Basin » in Carmouze J.-P., Durand J.-R. & Lévêque C., Ed, 1983, *Lake Chad, Ecology and Productivity of a Shallow Tropical Ecosystem*. The Hague, Dr W. Junk, Monographiae Biologicae vol. 53, 575 p. : 11-26.
- Sesiano J., 1993, *Monographie physique des plans d'eau naturels du département de la Haute-Savoie, France*. Annecy, Conseil Général de Haute-Savoie, 125 p. + 15 p. annexes.
- Shanley J.B. & Peters N.E., 1988, « Preliminary observations of streamflow generation during storms in a forested piedmont watershed using temperature as a tracer » *Journal of contaminant Hydrology*, 27 : 71-85.
- Shapiro J., 1973, « Blue-green algae : why they become abundant » *Science*, 197 : 382-384.
- Shapiro J., 1984, « Blue-green dominance in lakes : the role and mangment significance of pH and CO₂ » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 69 : 765-780.
- Shapiro J., 1990, « Current beliefs regarding dominance by blue-greens : the cases for the importance of CO₂ and pH » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 24 : 38-54.
- Shepard F.P., 1936, « Undertow, rip tide or 'rip current' » *Science*, 84 : 181-182.
- Shepard F.P., Emery K.O. & Lafond E.C., 1941, « Rip currents : a process of geological importance » *Journal of Geology*, 49 : 337-369.
- Shepard F.P. & Inman D.L., 1950, « Near shore water circulation related to bottom topography and wave refraction » *Transactions of the American Geophysical Union*, 31 : 196-212.
- Simony F., 1850, « Die Seen des Salzkammergutes » *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, 4(1-5) : 542-566.
- Smith H., 1884, « Temperature of water at various depths in lakes and oceans » *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 13 (278) : 73-84.
- Smith K., 1972, « River water temperature – an environment review » *Scottish Geographical Magazine*, 88 : 211-220.
- Smith K. & Lavis M.E., 1975, « Environmental influences on the temperature of a small upland stream » *Oikos*, 26(2) : 228-236.
- Smith R.C., Tyler J.E. & Goldman C.R., 1973, « Optical properties and color of Lake Tahoe and Crater Lake » *Limnology and Oceanography*, 18 : 189-199.
- Smol J., 2000, *Pollution of lakes and rivers*. London, Arnold, 224 p.
- Soret J.-L., 1884, « Sur la couleur de l'eau » *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 11 : 276-296.
- Sovetov S., 1917, *Onegskoe ozero*. Petrograd, 164 p. Compte-rendu dans les *Annales de géographie* de 1919 : 70-74.
- Spilhaus A.-F., 1937, « A bathythermograph » *Journal of Marine Research*, 1 : 95-100.
- SRAE (Service Régional de l'Aménagement des Eaux) Limousin, 1984, *Atlas hydrologique du Limousin*.
- SRAE Limousin, 1986, *Schéma d'Aménagement des Eaux de la Gorre : étude hydrologique de la Gorre et du Gorret*. Ministère de l'Environnement, Agence de Bassin Loire-Bretagne, 9 janvier 1986, non publié, 13 p. + 25 p. annexes.
- Stangenberg M., 1936, « Szkic limnologiczny na tle stosunków hydrochemicznych jeziora Suwalskiego » *Rozp. Spr. Inst. Bad. Las. Państw. W W-wie*, Ser. A, 16: 73-87. Cité par Dussart, 1966.
- Stearns F.P., 1895, "Discussion" in Fitzgerald D., 1895, « The temperatures of lakes » *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 34 : 67-114 : 112-114.
- Steedman R.J., France R.L., Kushneriuk R.L. & Peters R.H., 1998, « Effects of riparian deforestation on littoral water temperatures in small boreal forest lakes » *Boreal Environmental Research*, 3 : 161-169.
- Steedman R.J., Kushneriuk R.L. & France R.L., 2001, « Initial effects of catchment deforestation around small boreal forest lakes in northwestern Ontario, Canada » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(2) : 1101-1107.
- Steele T.D., 1982, « A characterization of stream temperatures in Pakistan using harmonic analysis » *Hydrological Sciences Journal des Sciences Hydrologiques*, 27(4) : 451-467.
- Steinberg J., 2000, *Cartographie, télédétection, systèmes d'information géographique*. Paris, Sedes, col. Campus, 160 p.
- Steinböck O., 1934, « Zur Frage der Sprungschicht in Hochgebirgseen » *Archiv für Hydrobiologie*, 27 : 397-415.
- Stella E., 1984, *Fondamenti di Limnologia*. Roma, Edizioni dell'Ateneo, 300 p.

- Stepanov V.N. & Gritsenko A.M., 1980, « Heat budget in the world ocean » *Oceanology*, 20(4) : 403-406.
- Sterneck R., 1928, « Die Gezeiten der Baikalsees » *Annalen der Hydrographie Berlin*, 56 : 221-225.
- Stevenson T., 1852, « Observations on the relation between the height of waves and their distance from the windward shore » *Edinburgh New (Jameson's) Philosophical Journal*, 53 : 358-359.
- Stewart A.J. & Wetzel R.G., 1986, « Cryptophytes and others microflagellates as couplers in planktonic community dynamics » *Archiv für Hydrobiologie*, 106 : 1-19.
- Strahler A.N., 1957, « Quantitative analysis of watershed geomorphology » *Transactions American Geophysical Union*, 38(6) : 913-920.
- Straškraba M., 1980, « The effects of physical variables on freshwater production : analyses based on models » in Le Gren E.D. & McConnell R.H., *Proceedings International Conference on Limnology*. La Plata, Instituto de Limnología Dr R.A. Ringuelet : 19-39.
- Straškraba M., 1993, « Some new data on latitudinal differences in the physical limnology of lakes and reservoirs » in Boltovskoy A. & Lopez H.L., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 623-644.
- Straškraba M., 1998, « Coupling of hydrobiology and hydrodynamics : lakes and reservoirs » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 623-644.
- Straub G., 1954, *Terminal report on transportation characteristics Missouri River*. The Missouri River Division Corps of Engineers, US Army, Sediment Series 4, 21 p.
- Strickland J.D.H., 1958, « Solar radiation penetrating the ocean ; a review of requirements, data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity » *Journal of Fishery Research Board Canada*, 15(3) : 453-493.
- Supan A., 1896, « Die Schwankungen und die mittlere Veränderlichkeit und Abweichung der Temperatur » in *Grundzüge der physischen Erdkunde*. Leipzig, Veit, 2^{te} Auflage, 706 p. : 78-88.
- Sverdrup H.U. & Munk W.H., 1947, *Wind, sea and swell. Theory of relations for forecasting*. US Navy Department Hydrographic Office, Publication n° 601, 44 p.
- Symons J.M., Carswell J.K. & Robeck G.G., 1970, « Mixing of water supply reservoirs for quality control » *Journal of the American Waterworks Association*, 62 : 322-334.
- Tabeaud M., 1998, *La climatologie générale*. Paris, A. Colin, col. « Synthèse », 96 p.
- Tanaka A., 1916, *Koshou gakujou yori mitaru Suwa-ko no kenkyu*. Tokyo, Iwanami-shoten, 1682 p.
- Tanaka M. & Yoshino M., 1982, « Re-examination of the climatic change in Central Japan based on freezing dates of Lake Suwa » *Weather*, 37 : 252-259.
- Taub F.B., 1984, « Ecosystem processes » in Taub F.B., Ed, *Lakes and Reservoirs*. Amsterdam, Elsevier, Ecosystems of the world n° 23, 643 p. : 9-42.
- Taylor E.B., 1988, « Water temperature and velocity as determinants of microhabitats of juvenile Chinook salmon and Coho salmon in a laboratory stream channel » *Transactions of the American Fisheries Society*, 117 : 22-28.
- Teglio E., 1905, « Le sasse del lago de Garda » *R. Acc. Dei Lincei*, 14(2). Cité par Halbfass, 1923.
- Terada T., 1906, « Notes on seiches » *Proceedings of the Tokyo mathematical-physical Society*, 3 : 174-181. Cité par Hutchinson, 1957.
- Testard P., 1995, « Eléments de convergence entre systèmes stagnants et courants » in Pourriot M. & Meybeck M., *Limnologie Générale*. Paris, Masson, 956 p. : 841-848.
- Tetzlaff G., 1979, « The daily cycle of the water temperature of a shallow lake » in Graf W.H. & Mortimer C.H., Ed, *Hydrodynamics of lakes*. Amsterdam, Elsevier, col. "Developements in Water Science", Proceedings of a symposium 12-13 october 1978, Lausanne, Switzerland, 360 p. : 325-330.
- Theurer F.D., Voos K.A. & Prewitt C.G., 1982, « Application if IFG's instream water temperature model in the Upper Colorado River » *American Water Resources Association, International Symposium on Hydrometeorology* : 287-299. Cité par Lebreton, 1995.
- Thienemann A., 1925, « Der See » in *Die Binnengewässer Mitteleuropas*. Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 255 p. : 84-211.
- Thijssse J.T., 1952, « Growth of wind-generated waves and energy transfer » *Circ. US Bur. Stand.* 521 : 281-287. Cité par Hutchinson, 1957.
- Thomas E.A., 1950, « Auffällige biologische Folgen von Sprungschichtneigungen im Zürichsee durch Sturm » *Schweizerische Zeitschrift der Hydrologie*, Basel, 12 : 1-24.
- Thompson R.O. & Imberger J., 1980, « Response of a numerical model of a stratified lake to wind stress » in *Stratified flows*. Proceedings of the second International Symposium of Trondheim, vol. 1 : 562-570, cité par Imberger, 1985.
- Thorpe S.A., 1969, « Experiments on the stability of stratified shear flows » *Radio Science, American Geophysical Union*, 4 : 1327-1332.
- Thorpe S.A., 1971, « Asymetry of the internal seiche in Loch Ness » *Nature*, 231 : 306-308.
- Thorpe S.A., 1972, « Internal seiche in Loch Ness » *Nature*, 237 : 96-98.
- Thorpe S.A., 1974, « Near-resonant forcing in a shallow two-layer fluid : a model for the internal surge in Loch Ness » *Journal of Fluid Mechanics*, 142 : 151-170.
- Thorpe S.A., 1984, « The effect of Langmuir circulation on the distribution of submerged bubbles caused by breaking waves » *Journal of Fluid Mechanics*, 63 : 509-527.
- Thorpe S.A., 1998, « Some dynamical effects of internal waves and the sloping sides of lakes » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 441-460.
- Thorpe S.A. & Hall A.J., 1982, « Observations of the thermal structure of Langmuir circulations » *Journal of Fluid Mechanics*, 114 : 237-250.
- Thoulet J., 1894, « Contribution à l'étude des lacs des Vosges » *La Géographie, Bulletin de la Société de Géographie de Paris*, 15 : 557-604.
- Thybaud L., 1997, *Le barrage de Lavaud, étude géomorphologique et hydrologique*. Univ. Limoges, mémoire de maîtrise de géographie, 85 p.
- Thybaud L., 1998, *Le barrage de Lavaud, étude de la stratification thermique et de l'influence de la retenue sur les eaux du fleuve Charente*. Univ. Limoges, mémoire de DEA de géographie, 73 p.
- Tiercelin J.-J. & Mondeguer A., 1991, « The Geology of the Tanganyika Trough » in Coulter G.W., Ed, *Lake Tanganyika and its Life*. London, Natural History Museum Publications, Oxford, Oxford University Press, 354 p. : 7-48.
- Tilzer M.M. & Serruya C., Ed, 1990, *Larges lakes: ecological structure and function*. Berlin, Springer, 691 p.
- Timms B.V., 1992, *Lake Geomorphology*. Adelaide, Gleneagles, 180 p.
- Tiselius D., 1722, *Utförlig Beskrifning ofver Den store Swea och Giotha Sjön Wättern*. Cité par Hutchinson, 1957.
- Tolland H.G., 1977, *Destratification / aeration in reservoirs*. Medmenham, Water Research Centre, England, Technical Report 50, 37 p.
- Tolmazin D., 1985, 1992, *Elements of dynamic oceanography*. London, Chapman & Hall, 181 p.
- Tonolli V., 1960, « Disuniformità spaziale delle vicende termiche nel Lago Maggiore » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 12 : 81-120.
- Tonolli V., 1961, « The distribution of temperature and plankton along the axis of a large lake (Lago Maggiore) » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 14 : 920-926.
- Touchart L., 1987, *Transferts de nutriments associés aux sédiments à l'interface bassin-versant – lac en fonction des conditions géomorphologiques et hydrodynamiques*. Univ. Paris IV Sorbonne, maîtrise de géographie, 138 p.
- Touchart L., 1992a, « 1992, l'année François-Alphonse Forel » *Annales de Géographie*, 101(565) : 319-321.

- Touchart L., 1992b, « Limnologie et géographie des lacs en 1992 » *Annales de Géographie*, 101(565) : 331-335.
- Touchart L., 1993, « La machine lacustre : l'exemple du Léman » *Annales de Géographie*, 102(573) : 449-471.
- Touchart L., 1994a, *Le Baïkal et le Léman, géographie et histoire de la géographie de deux lacs*. Univ. Paris IV Sorbonne, thèse de doctorat en géographie, 337 p.
- Touchart L., 1994b, « La limnologie russe » *Annales de Géographie*, 103(580) : 651-654.
- Touchart, 1995, « La pollution du Baïkal » *Norois*, 42(167) : 465-478.
- Touchart L., 1995b « L'histoire de la limnologie, l'exemple de deux lacs, le Baïkal et le Léman » in Barraqué B., Bley D., Boëtsch G., Masali M. & Rabino Masso E., dir., *L'Homme et le Lac, usages et représentations de l'espace lacustre*. VI^e journées de la Société d'Ecologie Humaine, 13-15 juin 1994, Cadenabbia-Griante (Côme, Italie), 192 p. : 23-28.
- Touchart L., 1995c, « Irkoutsk » *L'Information Géographique*, 59(4) : 133-142.
- Touchart L., 1996a, « Les lacs dans le cycle anthropique de l'eau : essai de typologie » *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 73(2) : 108-118.
- Touchart L., 1996b, « Le Koussougol, un 'Atlantique' lacustre » *Norois*, 43(170) : 323-337.
- Touchart L., 1996c, « Le Baïkal » *Annales de Géographie*, 105(589) : 235-256.
- Touchart L., 1998, *Le Lac Baïkal*. Paris, L'Harmattan, 240 p.
- Touchart L., 1999a, « Qu'est-ce qu'un lac ? », « Les lacs et leurs bassins : des relations inégales », « La cuvette lacustre », « L'eau des lacs » & « La vie des lacs » in Gautier E. & Touchart L. *Fleuves et lacs*. Paris, A. Colin, col. « Synthèse », 96 p. : 8-10, 13-15, 16-29, 30-41 & 42-53.
- Touchart L., 1999b, « Le Léman et la géographie physique, de la carte manuelle au traitement informatique » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 27-40.
- Touchart L., 1999c, « L'Angara » *Acta Geographica*, 171(119-1494) : 5-20.
- Touchart L., 1999d, « La variabilité temporelle des températures de l'eau : l'exemple d'un étang limousin » *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*, 27, fascicule spécial « Variabilités temporelles au sein des hydrosystèmes », 4^e Congrès International Limnologie-Océanographie, Université de Bordeaux 1, 7-10 septembre 1999, 211 p. : 188.
- Touchart L., 1999 e, « La température de l'eau en Limousin » *Norois*, 46(183) : 441-451.
- Touchart L., 2000a, *Les lacs, origine et morphologie*. Limoges, L'Harmattan, 210 p.
- Touchart L., 2000b, « Qu'est-ce qu'un lac ? » *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 77(4) : 313-322.
- Touchart L., 2000c, « Le processus de stratification / déstratification en étang par des mesures thermiques en continu » *Annales scientifiques de l'Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand 2*, 108(40), « 6^e Conférence Internationale des Limnologues d'expression française », Cilef 2000, Clermont-Ferrand, 17-21 juillet 2000, 184 p. : 65.
- Touchart L., 2001a, « Der tägliche und jahreszeitliche Einfluss kleiner Wasserflächen auf die Temperatur von Wasserläufen am Beispiel des Sees Theil im Limousin » *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 45(5) : 201-207.
- Touchart L., 2001b, *De la température de l'eau à la géographie des lacs*. Univ. Limoges, Thèse d'HDR en géographie, 480 p.
- Touchart L., 2002, « La température de l'eau en Limousin : études d'effet et aménagement du territoire » *Actes du colloque Hydrosystèmes, paysages, territoires*. Lille, 6-8 septembre 2001, Université des Sciences et Technologies de Lille, 68 p. + 1 CD : 33-34 + CD.
- Touchart L. & Ishiguro N., 1999, « Les lacs japonais » *Annales de Géographie*, 108(606) : 115-133.
- Touchart L., Maleval V., Savy B., Ishiguro N., Graffouillère M., Papon P., Bartout P., Nion G. & Bouny J., 2002, « Le PERE (Plan d'Eau de Recherche Expérimental) en géographie limnologique : une approche novatrice appliquée à l'étude des réseaux trophiques aquatiques » Paris, Institut Océanographique, 5^e Congrès International de Limnologie-Océanographie, 9-12 septembre 2002, 1 poster.
- Touchart L. & Torgachova E., 1998, « Khabarovsk » *L'Information Géographique*, 62(2) : 75-84.
- Trewartha G.T., 1968, *An Introduction to Climate*. New York, McGraw Hill, 5^e ed., 408 p.
- Troll C., 1943, « Thermische Klimattypen der Erde » *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 3-4 : 81-89.
- Trotignon J., 2000, *Des étangs pour la vie, améliorer la gestion des étangs*. Montpellier, L'Atelier Technique des Espaces Naturels, Cahiers techniques n° 61, 70 p.
- Truesdale G.A., Downing A.L. & Lowden G.F., 1955, « The solubility of oxygen in pure water and sea-water » *Journal of Applied Chemistry*, 5 : 53-62.
- Ule W., 1892, « Die Bestimmung der Wasserfarbe in den Seen » *Dr A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt herausgegeben von Prof. Dr. A. Supan*, 38 : 70-71.
- Valentin S., 1997, *Effets écologiques des éclusées en rivière*. Antony, Cemagref, collection « Etudes », série « Gestion des milieux aquatiques », n° 13, 79 p.
- Vallée L.-L., 1843, *Du Rhône et du lac de Genève ou des grands travaux à exécuter pour la navigation du Léman à la mer*. Paris, L. Mathias, 305 p.
- Vanney J.-R., 1978, « Lac et limnologie » *Encyclopédie Larousse*. Paris, vol. 11 : 6893-6897.
- Vanney J.-R., 1991, « Introduction à la géographie de l'océan » *Oceanis*, 17(1-2) : 1-214.
- Vanney J.-R., 1993, *Le mystère des abysses*. Paris, Fayard, col. « Le temps des sciences », 522 p.
- Vannote R.L., 1980, « Thermal heterogeneity of river systems » *The American Naturalist*, 115 : 667-695.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E., 1980, « The river continuum concept » *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 37 : 130-137.
- Vaucher J.-P.-E., 1833, « Mémoires sur les seiches du lac de Genève, composé de 1803 à 1804 » *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève*, 6 : 35-95.
- Vercelli F., 1915, « Le sesse nel Verbano » *R. Ist. Lombardo sc. Litt.*, Milano, 18. Cité par Halbfass, 1923.
- Vereščagin G.Û., 1937, « Etudes du lac Baïkal, quelques problèmes limnologiques » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische and angewandte Limnologie*, 8 : 189-207.
- Vernet J.-P., 1991, « Editorial » in Vernet J.-P., Ed, *Hommage à F.-A. Forel*. Morges, 3^e Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, 303 p. : 1-3.
- Vernex J.-C., 1999, « L'imaginaire lacustre : la spécificité lémanique dans le cadre des lacs alpins » in Bertola C., Goumand C. & Rubin J.-F., Ed., *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du colloque pluridisciplinaire, Nyon, Musée du Léman, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine, 922 p. : 789-797.
- Vérynaud G., 1981, *Le Limousin : la nature et les hommes*. Limoges, CRDP, Cahiers Documentaires n° 12-13, 207 p.
- Veyret Y. & Pech P., 1997, *L'homme et l'environnement*. Paris, PUF, col. « Premier Cycle », 2^e éd., 424 p.
- Vial R., 1976, *Etude géologique et hydrogéologique de la région de Thonon-Douvaine (Hte-Savoie)*. Univ. Grenoble, thèse de doctorat, 169 p.
- Viard R., 1984, *La maîtrise de l'eau dans les monts de Blond*. Université de Limoges, mémoire de maîtrise en géographie, 65 p.
- Viers G. & Vigneau J.-P., 1990, *Eléments de climatologie*. Paris, Nathan, col. « Fac., géographie », 224 p.

- Vivian H., 1994, « L'hydrologie artificialisée de l'Isère en amont de Grenoble, essai de quantification des impacts des aménagements » *Revue de Géographie Alpine*, 82(2) : 97-112.
- Vivier P., 1945, « Louis Kreitmann (1884-1939) » *Annales de la Station Centrale d'Hydrobiologie Appliquée*, 1 : 7-21.
- Vivier P., 1961, « Les lacs de barrage artificiels du Massif Central français » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 14 : 625-632.
- Vivier P., 1965, « L'autoépuration dans les réservoirs (Massif Central français) » *Bulletin français de Pisciculture*, 217 : 117-130.
- Vladić T., 2001, « The effect of water temperature on sperm motility of adult male and precocious male parr of Atlantic salmon and brown trout » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(2) : 1070-1074.
- Vojeikov A.I., 1903, « Les lacs de type polaire et les conditions de leur existence » *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 16 : 300-309.
- Volker A., 1949, « Bilan d'eau du lac Ijssel » *Association Int. Hydrol. Sci., I, Travaux de la Commission de Potamologie et de Limnologie* : 320-326. Cité par Hutchinson, 1957.
- Vollenweider R.A., 1956, « L'influenza della torbidità provocata dalle acque di piena nel bacino di Pallanza (Lago Maggiore) » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 9 : 85-111.
- Vollenweider R.A., 1964, « Über oligomiktische Verhältnisse des Lago Maggiore und einiger anderer insubrischer Seen » *Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia*, 17 : 191-206.
- Walker J.H. & Lawson J.D., 1977, « Natural stream temperature variations in a catchment » *Water Research*, 11 : 373-377.
- Walker K.F. & Likens G.E., 1975, « Meromixis and a reconsidered typology of lake circulation patterns » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 19 : 442-458.
- Walser E., Pedroli R. & Mercanton P.-L., 1954, *Les dénivellations du lac Léman, recherches exécutées de 1949 à 1951*. Berne, Département Fédéral des Postes et des Chemins de Fer, Communications du Service Fédéral des Eaux n° 40, 103 p.
- Ward J.C., 1963, « Annual variation of stream water temperature » *Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Sanitary Engineering Division*, 89(SA6) : 3710-3732.
- Ward J.V., 1974, « A temperature-stressed stream ecosystem below a hypolimnial release mountain reservoir » *Archiv für Hydrobiologie*, 74(2), 247-275.
- Ward J.V., 1985, « Thermal characteristics of running waters » *Hydrobiologia*, 125 : 31-46.
- Ward J.V. & Stanford J.A., 1979, « Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams » in Ward J.V. & Stanford J.A., Ed, *The ecology of regulated streams*. New York, Plenum Press, 357 p. : 35-55.
- Warren H.E. & Whipple G.C., 1895, « The thermophone, a new instrument for determining temperature » *Technology Quarterly*, 8(2) : 125-152.
- Wasmund E., 1927, « Die Strömungen in Bodensee, verglichen mit bisher in Binnenseen bekannten Strömungen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 18 : 84-114 & 231-260.
- Wasmund E., 1928, « Die Strömungen in Bodensee, verglichen mit bisher in Binnenseen bekannten Strömungen » *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 19 : 21-155.
- Watanabe M., Horiuchi S. & Ambe Y., 2000, « Sudden changes of thermal stratification in a meromictic lake, Lake Kaiike, Japan » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 27(1) : 261-264.
- Watson E.R., 1904, « Movements of the waters of Loch Ness as indicated by temperature observations » *The Geographical Journal*, 24 : 430-437.
- Webb B.W. & Walling D.E., 1985, « Temporal variation of river water temperatures in a Devon river system » *Hydrological Sciences Journal*, 30 : 449-464.
- Webb B.W. & Walling D.E., 1988, « Modification of temperature behaviour through regulation of a british river system » *Regulated Rivers : Research and Management*, 2 : 103-116.
- Webb B.W., Walling D.E., Zhang Y., Clark E., 1996, « Water temperature behaviour in South-West England » in Mérot P. & Jigorel A., Ed, *Hydrologie dans les pays celtiques*. Actes du 1^{er} colloque interceltique d'Hydrologie et de gestion des eaux, Rennes, 8-11 juillet 1996, Paris, INRA, col. « Les colloques » n°79, 470 p. : 53-64.
- Webb B.W. & Walling D.E., 1996, « Long-term variability in the thermal impact of river impoundment and regulation » *Applied Geography*, 16(3) : 211-223.
- Webb B.W. & Walling D.E., 1997, « Complex summer water temperature behavior below a UK regulating reservoir » *Regulated Rivers : Research and Management*, 13(5) : 463-477.
- Wedderburn E.M., 1907a, « The temperature of fresh-water lochs of Scotland, with special reference to Loch Ness » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 45 : 407-489.
- Wedderburn E.M., 1907b, « An experimental investigation for the temperature changes occurring in fresh-water lochs » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 28 : 2-20.
- Wedderburn E.M., 1909, « Temperature observations in Loch Garry (Invernesshire) with notes on currents and seiches » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 29 : 98-135.
- Wedderburn E.M., 1910, « Current observations in Loch Garry » *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 30 : 312-323.
- Wedderburn E.M., 1911, « The temperature seiche. I. II. III. » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 47 : 619-636.
- Wedderburn E.M., 1912, « Temperature observations in Loch earn, with a further contribution to the hydrodynamical theory of the temperature seiche » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 48 : 629-695.
- Wedderburn E.M. & Williams A.M., 1911, « The temperature seiche. IV. » *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 47 : 636-642.
- Weisberg S.B., Janicki A.J., Gerritsen J. & Wilson H.T., 1990, « Enhancement of benthic macroinvertebrates by minimum flow from a hydroelectric dam » *Regulated Rivers : Research and Management*, 5 : 265-277.
- Weiss R.F., Carmack E.C. & Koropalov V.M., 1991, « Deep-water renewal and biological production in Lake Baikal » *Nature*, 349(21 february): 665-669.
- Welander P., 1963, « On the generation of wind streaks on the sea surface by action of a surface film » *Tellus*, 15 : 67-71.
- Welch P.S., 1948, *Limnological Methods*. Philadelphia, The Blakiston Company, 381 p.
- Welch P.S., 1952, *Limnology*. New York, McGraw-Hill Book Company, 2nd ed., 538 p.
- Weller R.A. & Price J.F., 1988, « Langmuir circulation within the oceanic mixed layer » *Deep Sea Research*, 35 : 711-747.
- Wetzel R.G., 1983, *Limnology*. Fort Worth, Saunders College Publishing, 2nd ed., 767 p. + R.
- Wetzel R.G. & Likens G.E., 1979, *Limnological analyses*. Philadelphia, W.B. Saunders Company, 357 p.
- Whipple G.C., 1898, « Classifications of lakes according to temperature » *The American Naturalist*, 32 : 25-33.
- Whittlesey G.-H., 1874, « Sudden fluctuations of level in quiet waters » *Proceedings of the Hartford meeting's*, August : 139-. Cité par Forel, 1895, p. 52.
- Wiegand R.C. & Chamberlain V., 1987, « Internal waves of the second vertical mode in a stratified lake » *Limnology and Oceanography*, 32 : 29-42.
- Wilhelm F., 1960, « Seen als geographisches Forschungsobjekt » *Berichte zur deutschen Landeskunde*, 25(2) : 305-321.

- Wilkinson D.L., 1979, « Two-dimensional bubble plumes » *Journal of Hydraulic Division of the American Society of Civil Engineers*, 105 : 305-321.
- Williams O.O., 1968, « Reservoir effect on downstream water temperatures in the upper Delaware river basin » *United States Geological Survey professional Paper*, 600B : 195-199.
- Winter T.C., 1995, « Hydrological processes and the water budget of lakes » in Lerman A., Imboden D. & Gat J., Ed., *Physics and Chemistry of Lakes*. Berlin, Springer, 334 p. : 37-62.
- Wiszniewski J., 1953, « Uwagi w sprawie typologii jezior Polskich » *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 1(14) : 11-23.
- Woeikof A., 1906, « Questions de limnologie physique » *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 21 : 392.
- Woeikov A., 1906, « Les accumulations positives et négatives d'eau par les sources, les lacs, les neiges et les glaces » *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, 21 : 495.
- Wright J.-C., 1967, « Effect of impoundments on productivity, water chemistry and heat budgets of rivers » in Lanes C.E., Ed, *Reservoir fishery Research Symposium*, Washington, American Fishery Society : 188-199.
- Wunderlich W.O., 1971, « The dynamics of density-stratified reservoirs » in Hall G.E., Ed, *Reservoirs fisheries and Limnology*. Washington D.C, American Fishery Society, Special Publication n° 8 : 219-231.
- Wundt W., 1967, « Der Temperaturgang an mitteleuropäischen Flüssen » *Petermanns Geographischen Mitteilungen*, 111: 81-88.
- Wurtz A., 1958, « Peut-on concevoir la typification des étangs sur les mêmes bases que celle des lacs ? » *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische and angewandte Limnologie*, 13 : 381-393.
- Yoshida S., Ohtani M., Nishida S. & Linden P.F., 1998, « Mixing processes in a highly stratified river » in Imberger J., Ed, *Physical processes in lakes and oceans*. Washington DC, American Geophysical Union, Coastal and Estuarine Studies n° 54, 668 p. : 389-400.
- Yoshimura S., 1936a, « A contribution to the knowledge of deep water temperatures of Japanese lakes. Part I. Summer temperatures » *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, 13 : 61-120.
- Yoshimura S., 1936b, « A contribution to the knowledge of deep water temperatures of Japanese lakes. Part II. Winter temperatures » *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, 14 : 57-83.
- Yoshimura S., 1937a, « Abnormal thermal stratifications in inland lakes » *Proceedings of the Imperial Academy of Japan*, 13 : 316-319.
- Yoshimura S., 1937b, 2^e ed. 1976, *Koshogaku*. Sanseido Co, 426 p.
- Yoshimura S. & Miyadi D., 1936, « Limnological observations of two crater lakes of Miyake Island, Western North Pacific » *Japanese Journal of Geology and Geography*, 13 : 339-352.
- Yoshimura S., Negoro K. & Yamamoto S., 1936, « Bandai-goshikinuma no koshogaku-teki yosatsu kenkyu » *Chirigaku Hyoron*, 12 : 1-17 & 126-153.
- Young R.K., 1929, « Tides and seiches on Lake Huron » *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 23 : 445-455.
- Yuretich R.F., 1969, « Modern sediments in Lake Rudolph, Kenya » *Sedimentology*, 26 : 313-331.
- Zhitenjowa T.S. & Nikanorow J.I., 1972, « Der Einfluss des vom Konakowschen Wärmekraftwerk abfließenden Warmwässers auf die biologischen Prozesse im Iwanjkowo Stausee » *Verhandlungen internationale Vereinigung für theoretische and angewandte Limnologie*, 18 : 833-836.
- Zilinkevich S.S. & Malm J.G.B., 1993, « A theoretical model of thermal bar movement in a circular lake » *Nordic Hydrology*, 24 : 13-30.
- Zinn D.J. & Ifft D., 1941, « A new limnophotometer with a special adaptation for the measurement of the penetration of light through ice under natural conditions » *Ecology*, 22 : 209-211.
- Zryd A., 2001, *Les glaciers*. Saint-Maurice, Pillet, 325 p.
- Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Фортунатов М.А., Шарапов В.А., 1980, « Водохранилища мира и их типизация » *Известия всесоюзного Географического Общества*, 112(4) : 301-307.
- Академия Наук Киргизской ССР, Тянь-Шаньская физико-географическая станция, Отв. Ред. Королев В.Г., 1978, *Озеро Иссык-Куль (очерки по физической географии)*. Фрунзе, Илим, 211 с.
- Академия наук СССР, Сибирское Отделение, Институт Географии Сибири и Дальнего Востока, 1967, *Атлас Забайкалья*. Москва, Иркутск, Главное Управление геодезии и картографии при совете министров СССР, 176 с.
- Академия наук СССР, Институт Водны Проблем, Отв. Ред. Воропаев Г.В. и Вендров С.Л., 1979, *Водохранилища мира*. Москва, Наука, 288 с.
- Афаиасьев А.Н., 1960, « Водный баланс оз. Байкал » *Труды Лимнологического Института*, 18 : 155-241.
- Афаиасьев А.Н., 1967, *Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР*. Москва, Наука, 231 с.
- Афаиасьев А.Н., 1976, *Водные ресурсы и водный баланс бассейна озера Байкал*. Новосибирск, Наука, Труды Лимнологического Института, 25(45), 240 с.
- Базикалова А.Я., 1945, « Амфиподы озера Байкал » *Труды Байкальской лимнологической Станции*, 11.
- Берг Л.С., 1908, « Аральское море » *Записки Туркестанского отдела Русского Географического Общества*. 5 т., 580 с.
- Боткин А.С., 1900, *Материалы для изучения озера Байкал. Очерк работ по исследованиям физических свойств Байкала зимой 1898-1899 гг. и естественно-исторические изыскания за 1897, 1898 и 1899 гг.* Петербург, 27 с.
- Бовыкин И.В., Румянцев В.А., 1993, « Основные теоретические проблемы классификации в лимнологии » *Российская Академия Наук, Отв. Ред. Смирнова Н.П., 1993, Теоретические вопросы классификации озёр*. Санкт-Петербург, Наука, 186 с. : 15-23.
- Верещагин Г.Ю., 1925, « Сравнительно-лимнологическое изучение озёр как очередная задача русской лимнологии » *Труды Первого Всероссийского гидрологического съезда*. Ленинград : 171-173.
- Верещагин Г.Ю., 1927, « Некоторые данные о режиме глубинных вод Байкала в районе Маритута » *Труды комиссии по изучению озера Байкала*, 2 : 77-138.
- Верещагин Г.Ю., 1949, *Байкал*. Москва, Географиз, 278 с.
- Воейков А.И., 1899, « Температура и облачность на берегу Байкала и сосенных высотах » *Метеорологический Вестник*, 11 : 363-364.
- Воробьев В.В., 1986, « Национальный парк на Байкале » *География и природные ресурсы*, 4 : 31-34.
- Воробьев В.В., 1988, « Проблема Байкала на современном этапе » *География и природные ресурсы*, 3 : 3-14.
- Воробьев В.В., Мартинов А.В., 1988, « Охраняемые территории бассейна озера Байкал » *География и природные ресурсы*, 2 : 31-39.
- Воронин Ю.А., 1985, *Теория классифицирования и её приложение*. Новосибирск, Наука, 232 с.
- Вотинцев К.К., 1961, *Гидрохимия оз. Байкал*. Москва, Академия наук СССР, Сибирское Отделение, Восточно-сибирский Филиал, Труды Байкальской Лимнологической Станции Н20, 312 с.
- Галазий Г.И., 1988, *Байкал в вопросах и ответах*. Москва, Мысль, 288 с.
- Географический Факультет Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносов и Восточно-сибирский Филиал сибирского Отделения Академии наук СССР, 1962, *Атлас Иркутской Области*. Москва, Иркутск, Главное Управление геодезии и картографии при совете министров СССР, 182 с.
- Герцекевич Д.А., Ситникова Г.Б. 1985, « Математические модели расчета темпа становления ледяного покрова озера Байкал » *Третья конференция молодых ученых Иркутского Университета : тезисы докладов*. Иркутск, 47.
- Горкин А.П., Ред., 1998, « Саяно-шуйшенское водохранилище » // *География России*. Москва, Научное Издательство, 800 с. : 519.

- Государственный комитет СССР по народному образованию, 1989, *Атлас озера Хубсугул*. Москва, Главное Управление Геодезии и Картографии при совете министров СССР, 120 с.
- Грезе В.Н., 1947, « Таймырское озеро » *Известия Всесоюзного Географического Общества*, 79(3) 289-302.
- Доронина Н.А., Сиско Р.К., 1970, « Реки, озёра, болота » // Сиско Р.К., Ред., *Таймыро-североземельская область (физико-географическая характеристика)*. Ленинград, Гидрометеорологическое Изд., 374 с. : 238-264.
- Дриженко Ф.К., 1908, *Люция и физико-географический очерк озера Байкал*. Санкт-Петербург, Главное Гидрографическое Управление, 443 с.
- Дыбовский Б.И., Годлевский В., 1897, « Физико-географические исследования на Байкале в 1869-1876 гг. » *Труды Восточно-сибирского Отдела Русского Географического Общества*, 1(1) : 1-62.
- Егоров А.Н., Науменко М.А., 1985, « Термический и гидрологический режим оз. Таймыр » // Адаменко В.Н., Егоров А.Н., Отв. Ред., *География озёр Таймыра*. Ленинград, Наука, 221 с. : 32-49.
- Золотарев А.Г., Мангазеев В.Я., Демин А.А., 1989, « Геоморфологическое строение дна озера » // Государственный комитет СССР по народному образованию, 1989, *Атлас озера Хубсугул*. Москва, Главное Управление Геодезии и Картографии при совете министров СССР, 120 с. Иметхенов А.Б., 1991, *Памятники природы Байкала*. Новосибирск, Наука, 158 с. : 65, 112.
- Карабанов Е.Б., Фиалков В.А., 1987, Подводные каньоны Байкала. *Podvodnye kan'ony Bajkala*. Новосибирск, Наука, 104 с.
- Кириллова Т.В., 1970, *Радиационный баланс озёр и водохранилищ*. Ленинград, Гидрометеороиздат, 254 с.
- Китаев С.П., 1978, « Термические классификации озёр мира » *Водные Ресурсы*, 1 : 97-103.
- Китаев С.П., 1984, *Экологические основы биопродуктивности озёр разных природных зон*. Москва, Наука, 207 с.
- Колотило Ф.К., 1997, *Фёдор Кириллович Дриженко*. Санкт-Петербург, Наука, 128 с.
- Куделин В.М. Гречищев Е.К., Зубаренкова Г.Г., Рыбак О.Л., Васянович В.И., 1996, « Создание искусственных прибрежных территорий на озере Байкал » *География и природные ресурсы*, 2 : 70-74.
- Куимова Л.Н., 1980, « Долгосрочный прогноз вскрытия ледового покрова оз. Байкал на основе метода разложения на естественные составляющие » // *Информационная основа прогнозов природный процессов*. Новосибирск : 80-92.
- Куимова Л.Н., 1985, « Прогнозирование замерзания ледового покрова на Байкале » // *Круговорот вещества и энергии в водоёмах : материалы к шестому Всесоюзному лимнологическому совещанию*. Иркутск, 4-6 сент. 1985 : 34-35.
- Ладохин Н.П., 1959, « Новые данные повторной нивелировки засечек Черского на берегах Байкала (к изучению явлений современной тектонической активности берегов озера) » *Труды Института Восточной Сибири Геологии*, Иркутск, 2 : 119-128.
- Ламакин В.В., 1952, *Ущелья острова и проблема происхождения Байкала*. Москва, Географиз, 198 с.
- Ламакин В.В., 1953, « Засечки Черского на берегах Байкала » *Известия Всесоюзного Географического Общества*, 85(5) : 507-532.
- Ламакин В.В., 1959, « О сохранности и геологическом значении Байкальских засечек Черского » *Труды Института истории, естествознания и техники* : 178-190.
- Лесненко В.К., 1989, *Мир озёр*. Москва, Провещение, 158 с.
- Литинский Ю.Б., 1962, « Генетические типы озёрных котловин Карельского региона » // *Труды 7-ой научной конференции по изучению внутренних водоёмов Прибалтики*, Петрозаводск, 1959 г. Москва, Изд. АН СССР.
- Лут Б.Ф., 1964, « Геоморфология дна Байкала » // *Геоморфология дна Байкала и его берегов*. Москва, Наука : 5-123.
- Лут Б.Ф., 1978, *Геоморфология Прибайкалья и впадины озера Байкал*. Новосибирск, Наука, 218 с.
- Мац В.Д., Леви К.Г., 1991, *Кайнозой Байкальской впадины (обзор изученности)*. Иркутск, Государственный комитет РСФСР по делам науки и высшей школы, Иркутский политехнический Институт, 156 с.
- Михеев В.С., 1993, « Ландшафтно-структурный анализ » // Российская Академия Наук, Сибирское Отделение, Институт Географии, *Человек у Байкала : экологический анализ среды обитания*. Новосибирск, Наука, 141 с. : 8-39.
- Орлова Т.Б., 1978, « Термический режим », Академия Наук Киргизской ССР, Тянь-Шаньская физико-географическая станция, Отв. Ред. Королев В.Г., 1978, *Озеро Иссык-Куль (очерки по физической географии)*. Фрунзе, Илим, 211 с.
- Осадчий С.С., 1995, « Следы максимальной трансгрессии Байкала » *География и Природные Ресурсы*, 1 : 179-189.
- Осипенко В.В., 1980, « Прогнозирование даты замерзания озера Байкал по гармоническому алгоритму МГУА » // *Самоорганизация кибернетических систем*. Киев : 34-39.
- Осмоловская Е.В., 1964, « Оценка теплого притока и стока из Байкала » // Галазий Г.И., Ред., *Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал*. Москва, Наука, 193 с. : 139-161.
- Раткович Д.Я., Кука Д.И., Иванова Л.В., 1987, « Проблемы крупных внутренних водоёмов зоны недостаточного увлажнения » *Водные Ресурсы*, 6 : 38-53.
- Рогозин А.А., 1971, « Применение стереофотограмметрии для изучения береговых процессов и ветрового волнения на водоёмах » Академия Наук СССР, Сибирское Отделение, Институт Земной Коры, *Гидрогеодинамические процессы в бассейне Байкала и Ангары и методы их исследования*. Москва, Наука, 104 с. : 27-85.
- Рогозин А.А., 1993, *Береговая зона Байкала и Хубсугула*. Новосибирск, Наука, 168 с.
- Российская Академия Наук, Отв. Ред. Ханн В.Е., Моссаковский А.А., 1995, *Лев Павлович Зоненшайн*. Москва, Наука, 332 с.
- Российская Академия Наук, Отв. Ред. Смирнова Н.П., 1993, *Теоретические вопросы классификации озёр*. Санкт-Петербург, Наука, 186 с.
- Россолимо Л.Л., 1957, *Температурный режим озера Байкал*. Москва, Академия наук СССР, Труды Байкальской лимнологической Станции, 16, 551 с.
- Россолимо Л.Л., 1964, « Основы типизации озёр и лимнологического районирования » // Академия наук СССР, Институт Географии, *Накопление вещества в озёрах*. Москва, Наука, 195 с. : 5-46.
- Рябухин Г.Е., 1934, *Поиски нефти в Сибири*. Иркутск.
- Рязанов, В.Д., 1928, « Месторождение озокерита и нефти в Прибайкалье » *Материалы по геологии и полезных ископаемых Дальнего Востока*, 19 : 1-57.
- Смирнова Н.П., 1993, « Классификация озёр по температуре воды и элементам теплового баланса » // Российская Академия Наук, Отв. Ред. Смирнова Н.П., *Теоретические вопросы классификации озёр*. Санкт-Петербург, Наука, 186 с. : 35-51.
- Смирнова Н.П., Бовыкин И.В., Андроникова И.Н., 1990, « Основные типы задач Классификации в лимнологии » *География и Природные Ресурсы*, 4 : 156-160.
- Сокольников В.М., 1964, « Течения и водообмен в Байкале » // Галазий Г.И., Ред., *Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал*. Москва, Наука, 193 с. : 5-21.
- Сокольников В.М., Шимараев М.Н., Куимова Л.Н., 1973, « К вопросу о долгосрочном прогнозе элементом ледового режима озера Байкал » // *Теория и методы прогноза изменений географической среды : тезисы совещания географов Сибири и дальнего*. Иркутск : 158-159.
- Тихомиров А.И., 1961, « Термобар Ладожского озера » *Известия Всесоюзного Географического Общества*, 95 : 134-142.
- Тихомиров А.И., 1968, « Классификация пресноводных озёр умеренной зоны по термическому режиму » // *VII сессия Ученого Совета по проблеме « Биологические ресурсы Белого Морья и внутренних водоёмов Карелии »*. Петрозаводск : 8.
- Тихомиров А.И., 1982, *Термика крупных озёр*. Ленинград, Наука, 232 с.

- Форш Л.Ф., рук., 1968, *Озёра различных ландшафтов Северо-Запада РСФСР*. Ленинград, Наука, I, 212 с.
- Форш Л.Ф., рук., 1969, *Озёра различных ландшафтов Северо-Запада РСФСР*. Ленинград, Наука, II, 302 с.
- Форш Л.Ф., рук., 1974, *Озёра различных ландшафтов Кольского полуострова*. Ленинград, Наука, I, 276 с., II, 236 с.
- Фролова Н., Широкова В., 2002, *Реки и озёра*. Москва, Слово, 48 с.
- Хейфец М.Н., 1978, « Волнения и сейши » // Академия Наук Киргизской ССР, Тянь-Шаньская физико-географическая станция, Отв. Ред. Королев В.Г., *Озеро Иссык-Куль (очерки по физической географии)*. Фрунзе, Илим, 211 с. : 138-144.
- Черкасов А.Е., Шумеев В.П., Батсук Н., 1972, « Гидрологический режим рек бассейна Хубсугула » // *Природные условия и ресурсы бассейна Прихубсугуля*. Иркутск : 74-86.
- Черкашин А.К., 1993, « Информационная среда и организация управления в Байкальском регионе » // Российская Академия Наук, Сибирское отделение, Институт географии, *Человек у Байкала : экологический анализ среды обитания*. Новосибирск, Наука, 141 с. : 8-39.
- Черский И.Д., 1886а, « Отчёт о геологическом исследовании береговой полосы озера Байкала, произведенном по поручению Восточно-Сибирского Отдела Имперского Русского Географического Общества » *Записки Восточно-Сибирского Отдела Русского Географического Общества*, 12 : 405-428.
- Черский И.Д., 1886б, « О результатах исследования озера Байкала » *Записки Русского Географического Общества*, 15(3) : 1-48.
- Черский И.Д., 1889, « О результатах исследования озера Байкала » *Материалы для геологии России*, 13 : 1-48.
- Шерстянкин П.П., 1964, « Динамика вод Селенгинского мелководья в начале лета по данным распределения оптических характеристик и температуры воды » // *Элементы гидрометеорологического режима озера Байкал*. Москва, Наука, 193 с. : 29-37.