

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 131 (2010)

Artikel: Limnologie et hydrobiologie neuchâtelaises à travers le bulletin de la SNSN
Autor: Pokorni-Aebi, Berta
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-130458>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

LIMNOLOGIE ET HYDROBIOLOGIE NEUCHÂTELOISES À TRAVERS LE BULLETIN DE LA SNSN

BERTA POKORNI-AEBI

Biologiste. Rue du Chasselas 13, CH-2012 Auvernier (Suisse).

INTRODUCTION

A Neuchâtel, la limnologie et l'hydrobiologie ont une longue tradition. La proximité du lac de Neuchâtel a avivé la curiosité des scientifiques. Dès la fondation de la société des sciences naturelles, les discussions touchant la limnologie et l'hydrobiologie ont été vives. L'ingéniosité des chercheurs a rapidement rayonné au-delà des frontières. Ainsi, l'ingénieur RITTER (1876, 1889) est chargé de développer un projet de force hydraulique sur le lac Léman et projette une adduction en eau potable de la Ville de Paris à partir du lac de Neuchâtel.

MORPHOLOGIE, AMENAGEMENT, GEOLOGIE

Rives, érosion

La forme et l'étendue des lacs ont retenu l'intérêt des scientifiques. GUYOT (1845) établit une carte du lac de Neuchâtel avec des coupes transversales qui font apparaître une élévation sous-lacustre, appelée la Motte. Les moyens techniques à disposition des scientifiques sont à cette époque peu développés et les mesures entachées d'erreurs. Même la mesure de la profondeur du lac donne lieu à des divergences (BOREL, 1867). En 1895, DU PASQUIER présente une carte des trois lacs dessinée d'après les levés du Bureau topographique et communique les données du tableau 1.

Après la correction des eaux du Jura, l'érosion préoccupe les scientifiques. RITTER (1880)

Lacs	Superficie [km ²]	Volume [km ³]	Profondeur moyenne	Altitude des eaux moyennes, cote de l'atlas topogr. fédéral Siegfried	Altitude des eaux moyennes, cote admise par l'Etat et la ville de Neuchâtel
Neuchâtel	215.9	14.2	65	432.43	429.62
Bienne	38.9	1.2	32	432.10	429.29
Morat	22.8	0.54	24	432.59	429.78

Tableau 1 : données caractéristiques des trois lacs

décrit l'action affouillante des vagues sur les nouvelles rives découvertes par la correction et DE PERROT (1904) signale que vers l'embouchure de l'Areuse, les grèves sont fortement attaquées par les vagues et les courants. En vingt ans, plus de 40'000 m³ de matériaux ont été enlevés sur quatre propriétés. PETER-COMTESSE (1948) fait l'éloge de la végétation en tant qu'élément stabilisateur des grèves. La végétation fonctionne comme brise-vague et retient la terre entre les racines. En revanche, les rives protégées par des murs ont moins bien résisté à l'érosion.

Vient la période de la construction de la route nationale A5 qui change complètement l'aspect de la rive nord du lac entre Colombier et le bout du lac à Saint-Blaise. Les matériaux d'excavation des tunnels sous la ville ont été noyés dans le lac, créant ainsi une surface d'une trentaine d'hectares qui sera aménagée en zone de détente. GLAUSER et al. (1987) vont tester l'aptitude de différents mélanges avec des ressources locales pour reconstituer un sol (calcaires, boues d'épuration, composts de déchets organiques, plantes aquatiques faucardées, roseaux, etc.).

Aménagements

L'abaissement du niveau des eaux lors de la correction des eaux du Jura a confronté les riverains à de graves problèmes de stabilité des rives et de salubrité publique. Les canalisations d'eaux usées aboutissent sur les grèves et plus dans le lac comme jadis. HIRSCH (1879) attire l'attention de l'assistance sur des émanations malsaines du port et le risque de maladies épidémiques graves. La société décide d'écrire au Conseil municipal de la ville pour demander d'entreprendre les travaux d'assainissement sans tarder. La réponse de l'autorité communale fait d'abord état des travaux déjà réalisés tels le prolongement des canaux égouts. La commission de salubrité publique est chargée de trouver des solutions. Finalement, le Tribunal fédéral est

saisi du contentieux relatif à la prise en charge des frais d'assainissement entre l'Etat et la ville. La société s'est également adressée à des spécialistes d'Allemagne et de Bâle pour savoir quelles essences planter sur les nouvelles grèves (GUILLAUME, 1879). L'ingénieur RITTER (1881) développe des plans d'aménagement des nouvelles grèves gagnées sur le lac pour les Saars, à Préfargier et à Cudrefin. Pour ce dernier lieu, outre l'aménagement de vignes, la création de prairies artificielles et la plantation de pins, il prévoit des étangs de pisciculture et un endroit où le contenu des bateaux de vidange des boues sanitaires de la ville de Neuchâtel et les roseaux des lieux pourraient être mélangés pour fabriquer un engrais.

Géologie, sédiments

Au 19^e siècle, l'origine des lacs préoccupe les esprits des scientifiques. Différentes hypothèses sont avancées. A partir de l'observation de phénomènes d'érosion, RITTER (1889) pense que la forme actuelle des trois lacs, issus d'un grand lac quaternaire qui s'étendait de Nidau en passant par le Seeland jusqu'aux plaines de l'Orbe et de la Broye, est le résultat des dépôts glaciaires et de l'érosion des rives et des falaises ainsi que du remaniement important de matériaux par les courants. SCHARDT (1903) suppose un affaissement d'une part du plateau suisse et du Jura, idée qu'il abandonne en faveur d'une action conjuguée de la glaciation et d'un réseau hydrographique préglaciaire bien développé donnant au fond du lac sa forme. Il considère que les anciens thalwegs de la Thielle et de la Mentue ont formé la Motte. Contrairement à Schardt, MONARD (1919) attribue la formation de nos lacs à la seule action des glaciers. Pour appuyer son hypothèse, il classe un grand nombre de lacs européens en fonction de leur profondeur et leur situation par rapport aux lobes du glacier et constate que la profondeur d'un lac diminue avec la distance qui l'éloigne du centre du glacier.

SCHARDT (1903) dédie une note au Lac des Brenets, appelé lac de Chaillexon par les Français, dans laquelle il explique sa formation, phénomène unique dans le Jura. Il plaide pour deux chutes de rochers sur les deux rives qui ont obstrué le passage du Doubs et formant une masse fissurée par laquelle passe la fuite principale du lac, ce qui explique les variations rapides et importantes du niveau d'eau. Après les basses eaux spectaculaires de 1906, SCHARDT (1910) reprend l'étude du lac et du bassin du Doubs. L'essai de coloration à la fluorescéine réalisé lors de ces conditions très spéciales en amont du Saut du Doubs a permis de déterminer le cheminement souterrain de l'eau. Le colorant est ressorti à toutes les sources jaillissant en aval du Saut. Documentée par des photographies, la baisse extrême de l'eau a mis à jour des glissements de terrains et des tassements de la vase du fond. La sécheresse a également permis de mieux connaître le fonctionnement des sources. Le bureau hydrométrique fédéral a profité de cette occasion pour compléter le système limnimétrique d'après les normes de qualité suisses. Les enregistrements donnent un battement extrême du niveau du lac de 20.25 m. SCHARDT complète l'article par une description détaillée des phénomènes hydrologiques observés. Alors que le premier bassin du lac est quasiment étanche, le dernier avant le Saut compte de nombreuses pertes. Les résurgences se situent dans le lit du Doubs et sur ses berges en aval de la cascade.

L'inspectorat de la pêche et de la chasse a fait l'acquisition d'un appareil de sondage à ultra-sons. QUARTIER (1957) présente le résultat des 400 km de sondages sur le lac de Neuchâtel. Quarante profils transversaux de même que plusieurs sondages de cap en cap ont été réalisés. D'après l'image topographique reçue du fond du lac, la théorie de deux vallées fluviales au nord et au sud de la Motte doit être abandonnée au profit de la théorie de l'érosion glaciaire. D'après Quartier, le glacier du Val-de-Travers des-

cent sur le Littoral et se divise en deux lobes, l'un avance en direction d'Yverdon, l'autre se dirige en direction de Neuchâtel.

KÜBLER *et al.* (1979) étudient la répartition de quelques éléments majeurs et mineurs dans les sédiments de surface du lac. En combinant les données analytiques, ils s'aperçoivent que la distribution obéit à deux lois naturelles. Le gradient teneurs-profondeurs est fort dans la zone agitée, faible dans la zone calme. Le vent semble être le moteur principal dans ces distributions. L'écart entre les données mesurées et calculées peut s'expliquer par l'apport anthropique. KÜBLER (1988) et MATTHEY (1988) reprennent l'examen des forages effectués par Quartier il y a 30 ans sur la Motte. Cette étude multidisciplinaire permet de mieux dater les sédiments rencontrés et fournit des renseignements sur l'origine de la Motte.

BIOLOGIE

Ecologie

Inspiré par les travaux de Forel sur le Léman, une série d'approches écologiques sous la direction de Fuhrmann est publiée pour le lac de Neuchâtel. MONARD (1920) étudie la faune profonde et fait des réflexions sur l'évolution de cette faune si bien adaptée aux conditions particulières qui règnent au fond du lac. A partir du bateau « Leptodora » du laboratoire de zoologie, il effectue entre mars 1917 et juin 1918 78 dragages dans la région de Neuchâtel. S'y ajoutent les échantillons de 31 dragages réalisés par Fuhrmann entre mai 1901 et avril 1911. Pour chacun des 29 groupes étudiés, il donne un tableau résumant les indications principales propres à chaque espèce. La question principale tourne autour de l'origine de la faune profonde. A partir des distributions spatiales et temporelles, il essaie d'établir une classification des espèces et développe trois thèses :

- dans un milieu confiné, seulement une espèce par genre tend à subsister,

- lorsque deux faunes différentes, qui ne sont pas séparées par un obstacle infranchissable, habitent deux districts voisins, elles tendent à se pénétrer mutuellement (pénétration des faunes),
- si deux espèces voisines sont présentes, la plus cosmopolite et la plus eurytherme tend à éliminer l'autre (substitution des faunes).

Après cette étude importante, il s'attaque à la faune de la Motte (MONARD, 1923) et présente les résultats à un auditoire intéressé, non sans rappeler l'énorme richesse de la faune profonde du lac.

Le travail de MAUVAIS (1927) sur la faune littorale du lac de Neuchâtel est la suite logique des travaux de Monard sur la faune profonde et de Robert sur le plancton. Il situe la limite entre littoral et la zone profonde arbitrairement à 30 m. Au total, il détermine les espèces de 27 groupes faunistiques, étudie leur répartition spatiale et leurs préférences nutritionnelles. Il termine son travail avec une comparaison de la faune avec celle du Léman.

Plusieurs articles traitent des macroinvertébrés aquatiques et des amphibiens des étangs dans le Jura neuchâtelois. L'objectif de ces études est d'approfondir les connaissances des milieux aquatiques et de leur organisation. MATTHEY et al. (1984) dressent une liste bibliographique. SCHNEGG (1984) prend les étangs forestiers sous la loupe alors que REDARD (1984, 1985, 1986) s'attaque aux mares-abreuvoirs de pâturages et fournit une liste faunistique. RENARD (1986) se consacre à la gravière de la Paulière, devenue réserve naturelle, qui constitue un réservoir extrêmement riche pour la faune et la flore.

Un vaste champ d'expérimentation s'est ouvert il y a cent ans sur la rive sud du lac de Neuchâtel. A la suite de l'abaissement du niveau du lac lors de la correction des eaux du Jura, de grandes surfaces ont été exondées. Des mesures de la température et de l'humidité de l'air, de la température

du sol et du niveau de la nappe permettent à BUTTLER (1990) de décrire le climat des marais boisés d'une réserve de la rive sud, observations d'une très grande utilité pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème. Après Buttler, c'est MUHLHAUSER (1996) qui se penche sur les inondations comme facteur allogène évolutif et les influences sur les peuplements d'invertébrés. Profitant d'une inondation extraordinaire en 1987, ses observations lui ont permis de proposer quelques scénarios d'évolution et de décrire leurs conséquences sur les peuplements d'invertébrés. Les pinèdes font l'objet de trois articles (CORNALI, 1997, 1998, 1999) traitant la typologie détaillée ainsi que la dynamique la plus probable ayant permis son installation. Les caractéristiques pédologiques et hydrodynamiques sont présentées succinctement. Dans la deuxième partie de l'article, des essais quantitatifs sont conduits et la dynamique du renouvellement analysée. Il émet l'hypothèse qu'à terme, le *Pinus sylvestris* sera remplacé par des espèces ligneuses. Dans le dernier article, il aborde la minéralomasse et les cycles biogéochimiques des éléments majeurs dont le bilan est équilibré.

MATTHEY (1998 et 2001) constate qu'en 40 ans, la surface humide de la tourbière du Cachot diminue constamment et que le nombre de gouilles cartographiées a diminué de 43 à 24 et celui des creuses de 52 à 42, leurs surfaces ayant pratiquement été réduit de moitié, soit par comblement, soit par assèchement. Les petits plans d'eau offrent un habitat pour une flore et une faune diversifiées. Le piétinement répété conduit à la destruction rapide du tapis des sphaignes, suivi d'une lente régénération. Dans l'intervalle, une végétation nitrophile et de la forêt se sont installées, créant ainsi un compartimentage de l'ensemble de l'écosystème. Des travaux de revitalisation ont été réalisés en 2004 (MATTHEY & SEIDEL, 2005).

Dès 1997, JACOT-DESCOMBES et al. publient chaque année un compte rendu sur

la nature neuchâteloise (Jacot-Descombes et al. 1997, 1998). Des problèmes relatifs à la conservation, à la gestion et à l'entretien de la nature, à la faune sauvage et aux forêts sont traités. Le suivi de l'environnement neuchâtelois paraît régulièrement depuis 2002 (BUTTY et al., 2002). Le Service de la protection de l'environnement rend ainsi compte de la qualité des eaux souterraines et de surface et de l'air.

Plancton

Nous devons la première description du plancton du lac de Neuchâtel à FUHRMANN (1900). Pendant une année, il observe et étudie les cycles biologiques du lac et les compare avec ceux de lacs du nord de l'Allemagne. Il voit dans la plus grande productivité des lacs allemands la raison de la différence dans la distribution spatiale du plancton. Les algues produites en abondance proche de la surface fournissent un écran au zooplancton sensible à la lumière. Dans nos lacs, le phytoplancton est peu développé et les organismes sensibles doivent se retirer en profondeur. Il fournit également une liste faunistique et floristique. En 1907, il revient sur la distribution horizontale du zooplancton dans les lacs subjurassiens (FUHRMANN, 1907).

ROBERT (1921) analyse le matériel des pêches de plancton mis à disposition par Fuhrmann, complété par ses propres prélèvements. Sa publication porte sur les années 1900 à 1920. Outre les mesures physico-chimiques, un important chapitre traite la méthodologie appliquée aux prélèvements. Dans le chapitre consacré à la biologie, il étudie d'abord les variations quantitatives annuelles et constate qu'un premier maximum dû au phytoplancton apparaît au printemps tandis que le deuxième, automnal, est attribué aux copépodes et aux *Bosmina*.

La question de la répartition horizontale du plancton divise le monde scientifique. En fonction de ses observations, Robert plaide pour une répartition uniforme tout

en admettant la formation d'essaims. Pour une quinzaine d'espèces, il décrit le cycle annuel et compare ses résultats avec ceux publiés pour les lacs de Zurich et des Quatre-Cantons. Un chapitre est consacré à l'analyse de la répartition verticale au cours de l'année et cela pour plusieurs espèces. Le dernier chapitre est dédié à la migration journalière. Le travail est richement documenté avec des tableaux comprenant les résultats chiffrés des investigations. En 1923, il étend ses recherches sur les lacs de Bienne et de Morat (ROBERT, 1924). Des pêches de -30 m à la surface lui ont permis de vérifier l'hypothèse de la répartition horizontale uniforme et de comparer le plancton des trois lacs. Dans un autre article (ROBERT, 1930), il examine la distribution verticale du zooplancton, mise en doute par certains auteurs. Avec des pêches étagées, de -100 ou -80 m à la surface, il a pu démontrer que des animaux planctoniques vivent en dessous de la thermocline.

RIVIER (1936) publie ses recherches hydrobiologiques sur le lac de Morat. La transparence de l'eau dépend du développement du phytoplancton. Un premier minimum apparaît en février ou mars avec la croissance de *Melosira*, vers l'automne, c'est *Planktothrix rubescens* qui trouble l'eau. Un chapitre est consacré à la thermique du lac et au développement de la thermocline. L'oxygène montre l'évolution typique d'un lac eutrophe: sursaturation dans l'épilimnion et des teneurs minimales dans l'hypolimnion dès le mois d'août. La partie sur le plancton est bien documentée; des graphiques illustrent la répartition verticale du plancton tout au long de l'année. Seul les crustacées ont été dénombrés et leur évolution annuelle reportée dans des graphiques. Cinq espèces de copépodes, cinq espèces de cladocères, dix espèces de rotifères et quelques infusoires constituent le zooplancton. Rivier range encore les dinoflagellés et les dinobryons dans cette catégorie. Le phytoplancton du lac de Morat est riche en diatomées et bactériophytes, dont le fameux

« Sang des Bourguignons », *Planktothrix rubescens*, signalé pour la première fois en 1825 par de Candolle. En 1988-1989, REYMOND et al. (1993) reprennent l'observation du phytoplancton et comparent leurs résultats aux pêches antérieures. Signalé par tous les auteurs ayant examiné le plancton du lac de Morat, *Planktothrix rubescens* a complètement disparu. Pendant l'été, les développements massifs d'algues caractéristiques pour un lac eutrophe se suivent.

DUCOMMUN et al. (1974) ont isolé trois souches de *Rhodopseudomonas viridis* DREWS et GIESBRECHT de l'eau et du sédiment du Loclat (Lac de Saint-Blaise); ce sont des bactéries phototrophes avec de la bactériochlorophylle b comme pigment assimilateur. Dans le même petit lac eutrophe holomictique, SCHWEIZER et al. (1975) étudient les Hydrogénobactéries. Dans l'eau, un maximum de bactéries se développe au niveau du métalimnion, elles sont abondantes à la surface du sédiment.

Algues

Pendant plus de cent ans, les algues n'occupent qu'une place marginale dans les mémoires de la société. Elles apparaissent sous forme de neige rouge due à une *Protococcacée* (GUILLAUME, 1866) ou de galets calcaires portant des marques de l'algue *Euactis calcivore*. (DESOR, 1868). DE ROUGEMONT (1878, 1880) et SPINNER (1919) font part de leurs observations sur les diatomées et leur mode de reproduction.

La composition du phytoplancton du lac de Neuchâtel est peu connue jusqu'à ce que WUTHRICH (1960) s'enthousiasme pour les diatomées. Pour les déterminer, elle peut compter sur des collections de référence. Elle analyse les diatomées de la zone littorale, de la zone pélagique, la zone profonde (7 stations) et des sédiments dragués et forés de la Motte. Le rendement est spectaculaire : 290 espèces et 118 variétés et formes sont recensées. Une liste des diatomées pélagiques et une qui classe les espèces en fonc-

tion de leur habitat terminent le travail. L'année d'après, elle se lance dans l'étude des diatomées des sédiments (WUTHRICH, 1961). Elle travaille essentiellement sur une carotte de 4.05 m extraite par Quartier en analysant un échantillon de sédiment tous les 20 cm. Conclusion de ce travail minutieux :

- les premiers 55 cm ne contiennent pas de diatomées ;
- la couche la plus riche est la zone transitoire entre la couche bleue et la craie lacustre inférieure ;
- les genres les plus importants, présents dans tous les échantillons sont : *Amphora*, *Mastogloia*, *Cyclotella* et *Gomphonema* ;
- les rares trouvailles de diatomées épiphytiques laissent supposer que la Motte n'était jamais recouverte de végétation.

Lors de la présentation de ces résultats à la société, WUTHRICH (1961) signale les espèces considérées comme indicatrices de la pollution.

Quoique présente dans le lac de Morat depuis le 19^{ème} siècle, *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) RALFS, indicateur de pollution, ne fait son apparition dans le lac de Neuchâtel que le 18 juillet 1961 (WUTHRICH, 1962).

Les diatomées de cinq stations différentes dans la tourbière du Cachot (Jura neuchâtelois) sont étudiées par WUTHRICH & MATTHEY (1977) dans le but d'éclaircir leurs conditions de vie. Dans un tableau synoptique, 362 espèces et variétés appartenant à 34 genres sont présentées. *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Navicula subtilissima*, *Tabellaria flocculosa* et plusieurs *Eunotia* et *Pinnularia* forment la communauté caractéristique de la tourbière du Cachot. Un certain flou existe sur la présence de certaines diatomées fossiles, interprétée comme apport éolien. Pour vérifier cette hypothèse, WUTHRICH (1979) place des flacons pièges à différents endroits. En seulement 30 jours, la récolte est importante, confirmant ainsi l'hypothèse. Parmi les organismes récoltés se trouve une diatomée tripolaire qu'elle

décrit comme *Fragilaria leptostauron* v. *alvarniensis* nov. var.

Avec la note algologique I, STRAUB (1984) publie des observations sur des diatomées provenant du périphyton des lacs jurassiens et subjurassiens. Il poursuit ainsi le travail de Wuthrich. Quelques espèces rares sont signalées. En appliquant les critères retenus, STRAUB (1985) contribue avec ces travaux à élargir la révision du genre *Achnanthes* et décrit une nouvelle combinaison *A. rostrata* ØSTRUP var. *minor* (SCHULTZ) et une nouvelle variété *A. rostrata* ØSTRUP var. *magna*. En 1985, le 5^e colloque de l'association des diatomistes de langue française a lieu à la Brévine (STRAUB, 1986) où des travaux sur la taxonomie-morphologie, la floristique, la physiologie, l'écologie et la paléoécologie sont présentés. Dix ans plus tard, les algologues se réunissent à la Chaux-de-Fonds pour tenir le 1^{er} symposium suisse sur les algues (STRAUB, 1996). Il est notamment question des Cyanobactéries nuisibles, de l'utilisation des algues comme indicateurs de l'état sanitaire des eaux et leur gestion, du rôle joué par les diatomées en paléolimnologie et en criminologie. La note de phycologie helvétique I annonce le dépôt du fonds de recherches algologiques de O. Reymond sur les Chlorophyceae au Gymnase de la Chaux-de-Fonds (STRAUB, 1997). Associé au « Fonds M. Wuthrich », les documents peuvent être consultés au Laboratoire d'algologie. En 2002, STRAUB signale l'apparition envahissante de la diatomée *Achnanthes catenata* BILY & MARVAN dans le plancton du lac de Neuchâtel (Suisse).

Invertébrés

Pendant les premières décennies de la SNSN, les invertébrés ne préoccupent que rarement les membres de la sociétés. Les écrevisses, mollusques, éponges et autres crustacés doivent être déterminés ou font l'objet de communications. Le premier ouvrage conséquent est le catalogue des copépodes de la Suisse édité par THIÉBAUD

(1916). A cet effet, il a dépouillé 200 travaux en plus de ses recherches personnelles. Pour la Suisse, il repère 56 espèces contre 72 en Allemagne et 70 en Scandinavie.

Avec Fuhrmann, le laboratoire de zoologie atteint une réputation internationale. Du matériel nouveau sponsorisé par un généreux neuchâtelois permet des recherches plus poussées. FUHRMANN (1916) étudie les variations saisonnières, diurnes et nocturnes du plancton. Il plaide pour l'utilisation de méthodes uniformes pour l'étude des lacs suisses. En 1921, il expose à la SNSN la biologie et le mode de reproduction des écrevisses qui ne sont complètement adultes qu'à l'âge de 5 à 6 ans. Les écrevisses sont menacées. Leurs ennemis sont les hommes, qui détruisent leurs habitats, et finalement la peste des écrevisses qui a ravagé depuis 1876 toutes les populations de l'Europe.

L'objectif de l'étude entreprise par ROBERT (1927) sur le matériel pêché entre 1916 et 1920 est de mieux faire connaître les Daphnies du lac, de vérifier si une distinction entre formes d'été et formes d'hiver se justifie et finalement d'examiner l'influence des facteurs externes sur la morphologie. De chaque pêche, il mesure 5 individus au hasard, 115 daphnies au total. Les conclusions de son analyse peuvent se résumer ainsi :

- la Daphnie du lac de Neuchâtel est une forme banale, de type moyen ;
- les formes d'hiver sont de dimension réduite ;
- la plupart des individus sont plus grands que ceux d'autres lacs, avec un rostre long, voire même très long.

THIÉBAUD (1930) étudie quelques copépodes de la région de Bienne et présente le résultat de ses observations en séance (THIÉBAUD, 1931). Dans un prochain travail, il s'attaque à l'étude des Harpacticides muscicoles des alpes et du Jura (THIÉBAUD, 1936). Il compare les espèces récoltées en Suisse à celles trouvées dans les Alpes françaises. Douze espèces sont communes aux deux pays, deux se trouvent uniquement

en France alors que sept sont propres à la Suisse. Quelques années plus tard, il fait une communication sur les Entomostracés de la région biennoise et environ (THIÉBAUD, 1954). Il y trouve 45 espèces de Cladocères et 28 espèces de Copépodes, dont plusieurs espèces nouvelles pour la Suisse.

Au début des années 70, *Dreissena polymorpha* PALLAS, la moule zébrée, arrive depuis la Mer Caspienne dans le lac de Neuchâtel. PEDROLI (1977) s'intéresse à la croissance de cette moule, travail qui s'inscrit dans une recherche plus large sur l'avifaune.

Poissons

L'étude des poissons en pays neuchâtelois est en même temps l'histoire de la pisciculture dans ce canton. En 1852, plusieurs membres relatent les expériences faites en France et en Allemagne pour l'élevage artificiel de poissons, avant tout de la truite (GUEBHARD, 1852). C. Vouga, le père de la pisciculture dans le canton de Neuchâtel, voit dans cette technique une parade à la raréfaction de la truite saumonée et beaucoup d'autres poissons dans le lac suite à un surpêchage (VOUGA, 1853). Il reçoit 1 200 frs pour monter une pisciculture. Les premiers essais sont faits dans le Ruhaut à Saint-Blaise, mais il verrait d'un bon œil la construction de deux établissements au Val-de-Travers. Il intervient de nombreuses fois à ce sujet lors de séances.

Lors de la séance du 20 janvier 1860, VOUGA rend compte d'expériences faites avec des truitelles dans son éclosier dans un ancien bras de l'Areuse à Cortaillod. Il sollicite l'appui de la SNSN pour une demande de concession de pêche au Grand-Conseil. En 1868, il publie une note sur la pisciculture de Chanélaz (VOUGA, 1868). Ses plus grands problèmes sont l'approvisionnement en eau du canal d'élevage et la mauvaise réputation dont jouissent les poissons d'élevage. La population craint que ceux-ci ne soient alimentés avec des substances animales de mauvaise qualité.

Parmi les faits divers, il faut ranger l'essai de de Rougemont d'éliminer le poissons voraces comme le brochet du Loclat à l'aide de dynamite (DE ROUGEMONT 1876).

Durant l'hiver 1901, FAVRE (1901) signale des pêches miraculeuses de brème dans le Bas-Lac de Neuchâtel. En trois jours, environ 2500 kg de poissons d'un poids moyen de 1 kg et d'un poids maximum de 2.5 kg ont été pêchés et écoulés sur les marchés de Neuchâtel, de La Chaux-de-Fonds et du Locle.

FUHRMANN (1903) présente des résultats encourageant d'élevage de poissons en pisciculture pour pallier à la perte de frayères naturelles. Il accuse la correction des cours d'eau, le déversement de déchets par l'industrie et la pêche excessive d'être à l'origine du dépeuplement des rivières. Le canton possède déjà trois piscicultures, à Môtiers, à Cernier et au Pervou, la dernière ayant remplacé celle de Chanélaz. L'année d'après, il renseigne l'assemblée sur les maladies des poissons, surtout des maladies infectieuses causées par des bactéries et des sporozoaires (FUHRMANN, 1904). Une maladie épidémique frappe les organes sexuels des femelles de brochets, provoquée par une espèce de *Myxosporidium* (*Henneguya psorospermica*, var. *oviperda*).

VOUGA (1922) donne un aperçu sur l'économie piscicole et présente les principales espèces trouvées dans le lac, leurs éléments distinctifs et leurs régimes. Le dernier point est très important si l'on veut se lancer dans l'élevage de poissons. Il complète ses informations avec les statistiques, données relevées régulièrement depuis 1917.

Les inspecteurs de la pêche du lac de Neuchâtel sont alarmés (VOUGA, 1925). Un nouveau projet de correction des eaux du Jura prévoit d'abaisser le niveau du lac à 427.5 m et laisse craindre le pire pour la nature. Ils s'attendent à une baisse de productivité et à de graves problèmes lors du frai qui pourraient même compromettre la reproduction. VOUGA (1933) signale une diminution du rendement de la pêche de palée qui

est descendu de 44 t en 1917 à 27 t en 1932 et cela malgré un alevinage. Les essais faits à la pisciculture du Pervou lui montre que les alevins lâchés à date fixe peuvent rencontrer, en fonction de l'avancement de la saison, des conditions défavorables.

QUARTIER (1944) fait l'historique de l'établissement cantonal de pisciculture du Pervou, construit d'après les plans de Fuhrmann. Il communique les chiffres des alevins mis en eau. La conférence est suivie d'une visite de l'établissement. Pour la première fois en 1919, des truites arc-en-ciel ont été introduites avec succès dans le Rhône supérieur et ses affluents. VOUGA (1944) loue les avantages de cette espèce par rapport à la truite fario: croissance plus rapide, pas de cannibalisme, tolérance aux eaux froides. QUARTIER (1951) présente les résultats d'une étude biométrique des bondelles et palées qu'il a entreprise avec Dotrens. Au total, 447 bondelles et 563 palées de toutes les classes d'âge ont été mesurées. Les deux espèces se distinguent par les dimensions de la base de leurs nageoires dorsale et anale: chez les bondelles, la base de la nageoire dorsale est plus petite que la base de la nageoire anale et inversement chez les palées. Plusieurs études sont consacrées à la composition des populations naturelles de poissons. (ANTONIAZZA et al., 1982, PEDROLI et al., 1983 et ZAUGG et al., 1984).

Le canton de Neuchâtel dispose depuis 50 ans de données statistiques sur les captures des pêcheurs et la remontée des géniteurs (ANTONIAZZA et al., 1985). En comparant les données des cinq dernières années à celle de 1928, les auteurs constatent que la croissance de la truite du lac n'a pas changé en 50 ans. En général, les pêcheurs amateurs prennent des poissons plus jeunes que les professionnels. Le lac de Neuchâtel a un rendement de la pêche relativement élevé.

RIEGLER et al. (1988) examinent pendant l'hiver 1984-1985 les frayères naturelles de la Haute-Areuse pour mieux cerner la reproduction naturelle de la truite fario dans cette rivière. Le potentiel de 25 œufs/m² est

à considérer comme un bon résultat mettant en question le repeuplement artificiel. En revanche, le vairon ne trouve pas de bonnes conditions de survie dans l'Areuse. Cela ressort du travail de ZBINDEN *et al.* (1992) qui ont comparé deux populations de vairons dans le Doubs et l'Areuse.

HYDROLOGIE

Niveaux

Quel est le niveau correct des repères pour mesurer la hauteur du niveau des lacs ? Cette question préoccupera la SNSN pendant plusieurs décennies. Osterwald pose les bases scientifiques et d'après ses calculs, il fixe le niveau du lac de Neuchâtel au môle à 434.7 m. Ces réflexions datent d'avant la création de la Société. LADAME et al. (1855) les jugent si importantes qu'ils décident de publier un extrait de la séance du 7 avril 1841 dans le Bulletin.

En présentant les hauteurs des trois lacs et en donnant lecture d'une lettre de Knab, KOPP (1857, 1859) lance une polémique autour du nivellement de l'altitude de l'échelle des môles servant à mesurer les niveaux des lacs de Neuchâtel, Morat et Bienne. La société décide de maintenir l'altitude calculée par Osterwald comme point de départ pour les mesures limnimétriques tout en attendant les preuves scientifiques. En 1860, un extrait des notices d'OSTERWALD (1860) déposées dans les archives de l'Etat livre le détail du calcul de l'altitude du môle de Neuchâtel. La note de HIRSCH (1864) aborde de nouveau cette question. Deux méthodes de détermination s'opposent : le nivellement et les mesures trigonométriques, sans parler du manque de précision des appareils de l'époque. Les divergences prennent fin avec la demande de KNAB (1871), ingénieur cantonal, de publier dans le bulletin le tableau avec les altitudes zéro des limnimètres des lacs de Neuchâtel et de Morat, données entérinées lors d'une séance des ingénieurs cantonaux de Vaud

<i>Auteur</i>	<i>Années d'observations</i>	<i>Commentaires</i>
KOPP (1867)	1860-1873	
SCHNEEBELI (1875, 1876 et 1878)	1874-1878	Abaissement du niveau du lac en 1877. Le limnimètre est à sec et doit être prolongé par une échelle (HIRSCH 1877)
RENOU (1872)	1857-1872	Compilation des données, établit une relation entre la pluie et le niveau du lac.
HIPP (1880)	1880, premier enregistrement	LADAME (1879) demande à la SNSN d'intervenir auprès de la municipalité pour remplacer l'actuel limnimètre par un modèle enregistreur
	1879-1880	installation et mise en service du nouveau limnigraphe HIPP & HIRSCH, 1880), HIPP (1880), HIRSCH (1881)
WEBER (1880, 1882)	1879-1880	données d'après les nouveaux enregistrements, celles des lacs de Morat et de Bienne sont fournies par la Confédération
LADAME (1886)		signale erreur sur les données du lac de Bienne (niveaux 3 m trop haut)
DU PASQUIER (1895 et 1896)	1891-1895	données complétées avec les débits de la Serrière et de la source de l'Areuse
DE PERROT (1897, 1898, 1899)	1896-1927	

Tableau 2 : publication des mesures des niveaux des lacs de Morat, Neuchâtel et de Bienne ainsi que des débits de l'Areuse, de la Serrière et du Seyon.

et de Neuchâtel. Cette cote est d'une portée juridique importante puisque elle sert, d'après le code civil neuchâtelois, de repère pour l'attribution des grèves mises à nu après la correction des eaux du Jura. Suite et fin, LADAME (1879) reprend les protocoles des nivellements de Knab et recalcule la cote de l'ancien môle à 434,7540 m, soit 5.4 cm de plus qu'Osterwald.

Les niveaux limnimétriques des trois lacs sont mesurés régulièrement et publiés dans le bulletin. Les auteurs ci-dessus se sont chargés de récolter les données.

Corrections des eaux du Jura (CEJ)

Les corrections des eaux du Jura laissent de nombreuses traces dans les annales de la société. Les publications et communi-

cations de DE PERROT (1902) et de RITTER (1902) témoignent de la préoccupation et des craintes de la population. Ce dernier se plaint de la disparition des falaises de la rive sud du lac de Neuchâtel. Les jeux d'érosion et de dépôts ont contribué à former depuis lors le paysage de la région des trois lacs, notamment celui de la Grande Cariçaie qui est aujourd'hui la plus grande zone humide bordant un lac en Suisse.

A plusieurs reprises, DE PERROT (1930, 1931) rend les sociétaires attentifs aux influences négatives de la première correction du Jura dont l'abaissement de la température de l'eau dû au refoulement de la Thielle et son influence sur la croissance de la vigne et leur présente le nouveau projet d'une deuxième correction de l'ingénieur Peter. Il craint pour le frai naturel des

poissons, un abaissement plus conséquent de la température et une érosion accélérée des grèves sans parler des dommages causés aux constructions. Pour répondre aux objections venues de toutes parts contre ce nouveau projet, le Conseil d'Etat nomme une commission d'étude dont fait partie SPINNER (1933) en tant que botaniste-météorologiste. Tout d'abord, il constate que la température à Neuchâtel varie de la même manière que dans les 25 autres stations analysées. Quant à la température du lac, la Thielle, refoulant de temps à autre, ne peut être tenue pour responsable de la baisse de température de l'eau puisque elle a sensiblement la même température que le lac. L'abaissement constaté est dans l'ordre de grandeur de l'erreur des mesures thermométriques.

Après avoir analysés les données limnimétriques avant et après la correction des eaux du Jura, QUARTIER (1948) s'interroge « Le lac de Neuchâtel a-t-il été corrigé ? ». Les variations de niveau du lac sont effectivement plus importantes après la correction et une deuxième correction accélérerait le phénomène.

En 1961, DE PERROT livre ses considérations sur la deuxième correction des eaux du Jura et son influence sur le climat. La direction du projet est confiée au professeur R. Müller, ing. civil. L'idée principale du projet est d'améliorer l'écoulement de l'eau en élargissant les canaux de l'Aar entre Nidau et Soleure, de la Thielle et de la Broye. Ainsi, la cote minimale de 428.70 m pour le lac de Neuchâtel pourra être garantie, de même que la réduction des variations de niveaux en cas de crue. L'augmentation du débit de l'Aar aura l'avantage d'évacuer directement et rapidement l'eau froide de la fonte des neiges responsable de l'abaissement de la température de l'eau pendant l'été.

Divers

Un projet d'utilisation du lac des Taillères à des fins de production énergétique néces-

siterait le détournement du ruisseau des Placettes qui se déverse encore dans la perte de l'Anneta (MARTINET, 1925). Au Moulin, une scierie utilisant l'eau du lac régularisait jadis le débit de l'Areuse par l'intermédiaire de la perte du lieu. Un exhaussement du déversoir augmenterait la surface d'alimentation du lac de 4 à 28 km². Des sondages ont montré qu'il fallait s'arrêter dans un premier temps à la cote de 1'039.5 m d'altitude. L'eau serait conduite dans le puits et via l'emposieu arriverait à la source de l'Areuse. Une vanne de réglage placée dans le puits permettrait de régler le débit suivant les besoins. Le volume disponible serait ainsi de 2'215'000 m³. D'après les informations données par STUDER (1931), ces travaux ont été exécutés.

PROTECTION DES EAUX

Température

LADAME publie en 1861 une note sur la température du lac à différentes profondeurs pour les années 1839-1842, 1847 et 1855. Pour réaliser cette étude, il utilise deux types de thermomètres qu'il laisse pendant 25 minutes à la profondeur choisie, un thermomètre à alcool et un thermomètre renfermé dans un tube en cuivre.

L'hiver 1879/1880 est très froid, le lac gèle. La société décide de procéder à des mesures de la température pour élucider l'énigme du lac gelé sur sa partie orientale, mais pas sur la rive sud. A plusieurs reprises, des expéditions partent mesurer l'épaisseur de la glace et la température à différentes profondeurs à l'aide d'un thermomètre min-max jugé plus fiable qu'une bouteille métallique (WEBER, 1880).

Entre 1927 et 1932, DE PERROT (1932) mesure la température du lac. La campagne est techniquement exigeante. L'équipement consiste en un bateau, un treuil avec 200 m de fil, un thermomètre à renversement ainsi que du matériel pour se localiser (carte 1 :25'000, boussole, sextant). Les mesures

permettent de se faire une idée de la thermique du lac et de constater que l'eau au fond du lac n'a pas toujours 4 °C, affirmation que de Perrot qualifie de mythe.

GUYOT (1939) met en évidence l'importance de la température du lac de Neuchâtel pour de nombreux domaines. Les analyses mathématiques des mesures mises à sa disposition, soit les températures mesurées à 1600 m devant le port de Neuchâtel où le lac a une profondeur d'environ 100 m lui permettent de tirer les conclusions suivantes :

- la température annuelle moyenne diminue de la surface au fond;
- l'amplitude annuelle de la variation de température diminue de la surface au fond;
- les minima aux différentes profondeurs se produisent tous en février;
- l'époque du maximum se produit en juillet à la surface et en octobre au fond.

Chimie et qualité des eaux

Les observations sur la qualité des eaux sont pendant longtemps purement descriptives. VOUGA (1851) est intrigué par des figures qui se dessinent sur le lac gelé, provenant des bulles de gaz carbonique issu de la décomposition de la vase couvrant les marches d'un escalier descendant dans l'eau. KOPP ET DESOR (1855) signalent une bande jaune traversant le lac de Saint-Blaise à Serrières et des tâches appelées fontaines. GUILLAUME (1880) observe des bandes lisses sur le lac et émet l'hypothèse de la présence de fontaines sous-lacustres. RITTER (1880) rétorque qu'il s'agit de graisses amenées par les égouts réparties à la surface de l'eau au gré des vents.

PORTNER (1952) présente sa thèse sur les « Différents aspects de l'étude géochimique et hydrologique du lac de Neuchâtel » qu'il a entrepris en collaboration avec les instituts de géologie et de chimie et les services techniques de l'Etat. D'après ses recherches, l'eau des affluents du lac subit

une décalcification d'environ 30 %. Une couche de vase d'environ 0.7 mm se dépose chaque année au fond du lac.

Lors d'une séance en 1961, ACHERMANN & SOLLBERGER attirent l'attention sur le lien étroit entre apports d'eaux usées et qualité des eaux potables. La pollution ne s'arrête pas aux limites communales ni aux frontières du pays. Ils citent la création de la Commission internationale du Rhin en 1953 pour résoudre les problèmes transfrontaliers et illustrent la problématique à l'exemple de ce grand fleuve et de l'immense réservoir d'eau potable que représente le lac de Constance. Dans la deuxième partie de l'exposé, ils décrivent la situation régionale. Un lac de Morat complètement asphyxié par les engrais, le Doubs charrie les eaux usées de la ville de La Chaux-de-Fonds et d'autres communes des Montagnes neuchâtelaises, la situation est peu réjouissante. Quant au lac de Neuchâtel, Sollberger présente la campagne limnologique qui a débuté en 1957, une étude interdisciplinaire dans le but de connaître l'état sanitaire du lac avant la construction des stations d'épuration.

L'eutrophisation des lacs en Suisse progresse à grands pas. MÜLLER (1971) dresse un tableau assez sombre de l'état sanitaire des lacs suisses. Il doute que les moyens mis en œuvre pour assainir nos lacs soit suffisants. L'assistance déplore que des solutions techniques soient privilégiées à la lutte à la source, par exemple en interdisant des substances néfastes.

Dans un article, KÜBLER (1972) parle du sel comme d'un agresseur méconnu de l'environnement et décrit son utilisation toujours croissante. Le cheminement du sel dans les différents compartiments de l'environnement est décrit. Il liste la consommation de différents types de sels depuis 1953 et fait des prévisions jusqu'en 1980. Les principaux responsables de cette augmentation pronostiquée sont d'après lui le sel à dégeler et les adoucisseurs d'eau. Par la suite, KIRALY *et al.* (1972) développent un modèle permettant de prévoir l'augmenta-

tion des apports solubles dans un lac. Pour le lac de Neuchâtel pris comme exemple, la concentration en sodium se stabiliserait 20 ans après la stabilisation des apports.

POKORNI-AEBI (2002) rend compte de 20 années de surveillance de la qualité de l'eau du lac de Neuchâtel. Pendant cette période, le lac a passé d'un état eutrophe à un lac mésotrophe grâce à l'immense effort consenti dans le domaine de l'épuration des eaux et des mesures prises à la source telle que l'interdiction des phosphates dans les poudres à lessive pour diminuer l'apport de ce nutriment.

Epuration

Après avoir amené l'eau potable à La Chaux-de-Fonds, le système des fosses septiques devient impossible à gérer, les débordements et vidanges étant beaucoup trop fréquents (RITTER, 1887). Des canalisations sont en voie de construction pour amener l'eau dans le Doubs, une énorme perte de matière fertilisante aux yeux de Ritter qu'il chiffre à 300'000 francs. Il imagine d'amener les eaux usées depuis le Valavron au Val-de-Ruz, région en manque chronique d'engrais. Le projet d'irrigation des terres agricoles serait techniquement faisable moyennant deux tunnels, le premier de 2'500 m entre La Chaux-de-Fonds et le Vallon de Saint-Imier et l'autre de 3'000 m jusqu'au Côté. Depuis là, des branchements amèneraient le fertilisant aux Geneveys-sur-Coffrane et à Fenin. Ce projet apporterait au Val-de-Ruz une plus-value de ses produits agricoles de 3-400'000 francs annuellement. GUILLAUME (1888) rend compte des expériences faites dans ce domaine, notamment en Allemagne et en Angleterre par plus de 140 villes. Que faire des eaux usées pendant l'hiver ? Les bassins et sillons d'irrigation creusés n'ont pas donné entière satisfaction : la vase qui colmate le système de distribution étant très difficile à éliminer.

Avec l'entrée en vigueur de la loi fédérale sur la protection des eaux le 1^{er} janvier

1953, les cantons ont dû adapter leur législation d'application. La lutte contre la pollution des eaux avec des moyens techniques débute. MARTIN (1961) présente la future station d'épuration (STEP) de la ville de Neuchâtel. Le site de la Maladière choisi pour ériger cette construction permet d'y conduire les quatre cinquièmes des eaux de façon gravitaire. Un problème majeur est la construction des collecteurs qui aboutissent de façon perpendiculaire directement dans le lac et qu'il s'agit de conduire à la future STEP. MOLLIA (1971) organise une visite pour les sociétaires et leur explique le fonctionnement.

BLANT et al. (1982) s'intéressent à la survie de bactéries fécales dans le Doubs, question importante pour apprécier le pouvoir d'autoépuration de la rivière. Des essais en fermenteurs et en sacs de dialyse montre que le nombre de bactérie fécales diminue rapidement dès leur arrivée dans le cours d'eau alors que le nombre de bactérie saprophytes augmente. Après la mise en service de la STEP de La Chaux-de-Fonds, les bactéries rejetées ont diminué de 80 %.

Protection des eaux

PEDDROLI (1971) vient entretenir la société sur la pollution des eaux en relation avec l'approvisionnement en eau potable. Il présente également un projet de loi sur la protection des eaux complètement refondue pour parer à la pollution toujours croissante.

STETTLER (1975) traite les aspects scientifiques de la pollution et de la protection des eaux. Il énumère les apports qui altèrent la qualité des eaux et les processus permettant leur épuration. Pour terminer, il décrit le traitement et l'affinage de l'eau pour la rendre potable.

En 1982, BACCINI déplore le mauvais état des lacs suisses malgré un investissement annuel de presque deux milliards de francs et se demande si le modèle des scientifiques est trop imprécis pour prendre les mesures appropriées.

BIBLIOGRAPHIE

voir MATTHEY, W. & AYER, J. 2006. Table des matières et index (1935-2002). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 125/2.

Une liste bibliographique est également disponible auprès de l'auteur.