Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 17 (1964)
Heft: 2

Artikel: Étude statistique des méthodes de dénombrement planctonique
Autor: Uehlinger, Verena
Kapitel: VIII: Résumé
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-739883

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 29.01.2026

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

L'erreur de la préparation des chambres est inclue dans la deuxième variance.

Les figures 19*a*, *b* illustrent des exemples où l'erreur introduite par la préparation, c'est-à-dire la variance entre préparations, devient toujours plus importante par rapport à la variance entre carrés à l'intérieur des chambres.

Il est évident qu'en choisissant un nombre fixe d'individus à dénombrer, la précision du résultat est beaucoup moins grande si plusieurs préparations sont examinées, mais la moyenne se rapproche davantage de sa vraie valeur. Par exemple, dans la figure 19*a*, 400 individus ont été trouvés sur 162 carrés d'une préparation. Une précision égale serait obtenue par le dénombrement de 2×140 carrés, ou de 3×80 carrés ou de 4×50 carrés. Dans le cas où la variance entre préparations dépasse fortement la variance à l'intérieur d'une préparation (fig. 19*b*) on est forcé de se contenter d'une précision inférieure à celle obtenue à l'intérieur d'une chambre, le travail devenant trop considérable par rapport au gain de précision.

Il en résulte que la vraie moyenne se trouve avec d'autant plus de précision que le nombre de préparations répétées de chambres est grand. Il est donc indispensable d'examiner deux, sinon trois préparations différentes.

VIII. 1. Résumé

La recherche d'une méthode efficace d'énumération du plancton d'eau douce — c'est-à-dire d'une méthode qui donne un maximum d'information d'une précision donnée, avec un minimum de temps et de travail —, conduit à l'analyse statistique des diverses techniques de dénombrement planctonique. L'étude des différentes étapes de la préparation, du comptage et de l'évaluation des résultats, ainsi que la comparaison des méthodes d'Utermoehl, Kolkwitz, Sedgewick-Rafter et de l'ultrafiltration, a permis de mettre en évidence les conclusions suivantes.

Echantillonnage et concentration

Les prélèvements effectués avec la bouteille Friedinger de un litre sont représentatifs pour le milieu environnant l'endroit de la pêche; les pêches ont été effectuées dans le lac Léman, plus particulièrement dans l'eau légèrement courante du bassin du Petit-Lac, pendant quarante minutes consécutives.

Un échantillon non fixé, prélevé sur le volume d'un litre, est représentatif pour le contenu de la bouteille.

Une conservation prolongée favorise la dislocation des espèces coloniales; cependant, ces espèces présentent une résistance spécifique à cette dislocation.

La mésofiltration fournit des valeurs reproductibles.

L'ultrafiltration, avec comptage direct sur la membrane filtrante, est une méthode très précise; elle est toutefois limitée aux Diatomées seules, qui résistent à la dessiccation.

La centrifugation, méthode rapide de concentration, donne des valeurs reproductibles. Toutefois, ces valeurs sont chargées d'une forte variabilité et la confiance en une unique préparation obtenue par centrifugation est limitée.

La simple décantation quantitative d'une sédimentation de vingt-quatre heures donne des échantillons reproductibles. Elle présente l'avantage d'une précision plus grande que la centrifugation, et d'un traitement moins nuisible aux organismes friables.

Chambres de dénombrement

La reproductibilité des valeurs fournies par la chambre Sedgewick-Rafter est confirmée. Le sédiment présente une distribution fortuite et permet le dénombrement partiel selon un procédé systématique.

Les chambres à forme ronde, telles que les modèles Kolkwitz et Utermoehl, fournissent des valeurs reproductibles dans le cas du dénombrement de la chambre entière. Néanmoins, le sédiment dans la chambre ne présente que très rarement une répartition fortuite des organismes. Cette répartition dépend des techniques de remplissage et des conditions thermiques pendant la sédimentation. En plus, l'irrégularité de l'image n'est pas la même pour les différentes espèces.

L'échantillonnage, la concentration et le remplissage de la chambre déterminent une variance entre chambres, qui est plus grande que la variance à l'intérieur d'un seul sédiment. Pour chaque type de chambre on peut calculer la fraction optimum du sédiment à dénombrer. Au-delà de cette fraction, toute augmentation de précision s'obtient par la répétition des préparations des chambres.

L'énumération des organismes d'une même suspension avec les diverses méthodes de dénombrement fournit des valeurs absolues légèrement différentes. Ces différences sont statistiquement significatives. Des valeurs présentées par différents investigateurs sont donc à comparer avec prudence.

Dénombrement partiel et échantillonnage dans des ensembles à répartition non fortuite

Dans le cas d'une distribution non fortuite, le dénombrement partiel du sédiment peut fournir différentes estimations de la densité, suivant la technique adoptée:

1° Densité dans quelques aires de surface choisies selon un procédé systématique,

2° Densité dans quelques aires choisies selon un système de points distribués au hasard sur toute la surface,

3° Densité dans la chambre entière, obtenue par le dénombrement de toutes les aires de la surface (« moyenne réelle »).

Ad 1°: Ce procédé systématique peut avoir pour résultat une moyenne très éloignée de la moyenne réelle. Calculant progressivement les moyennes au cours du

dénombrement, on obtient des valeurs qui oscillent autour de la moyenne réelle, sans y confiner. De plus, la variance observée est quelquefois trop faible.

Ad 2°: L'échantillonnage des aires à dénombrer, selon un système de points choisis au hasard établi préalablement, a pour résultat une moyenne qui se rapproche progressivement de la moyenne réelle, au cours du dénombrement. La variance entre ces aires correspond à la variance réelle de la préparation.

En général, le procédé suivant donnera, avec un minimum de travail, des résultats statistiquement valables:

1) Préparation de deux chambres à dénombrer (le type de la chambre et le procédé de concentration sont choisis suivant les besoins de l'expérience).
2) Détermination du nombre maximum d'individus à dénombrer dans chaque espèce, ou de la fraction du sédiment à examiner, suivant les principes développés dans le § VII.
3) Dénombrement des organismes dans plusieurs aires de surface, préalablement choisis au hasard dans toute la chambre (cf. § VI. 3.1).
4) Enregistrement des fréquences observées et du nombre d'unités de surface examinées (cf. § VI. 1).
5) Transformation de ces valeurs en une estimation de la densité de l'échantillon étudié, à l'aide d'un nomogramme approprié (cf. § VI. 1).

Annexes

I. Liste des formules statistiques utilisées dans ce travail, avec quelques remarques concernant leur emploi.

II. Deux systèmes de points répartis au hasard sur une surface circulaire de vingt-cinq unités de diamètre.

III. Nomogrammes pour la conversion des résultats de comptage en une estimation de densité.

VIII. 1.1. Zusammenfassung

Mit dieser Arbeit wurde versucht, ein Zählverfahren für Süsswasserplankton zu finden, welches bei gegebener Genauigkeit für ein Mindestmass an Arbeit, ein Höchstmass an Auskunft gibt. Dies führte zur statistischen Analyse und zum Vergleich der Methoden von Utermoehl, Kolkwitz, Sedgewick-Rafter und der Ultrafiltration, wobei die einzelnen Vorbereitungsstufen, das Zählen selbst und die Auswertung der Zählergebnisse untersucht wurden. Im einzelnen sind folgende Punkte beachtenswert:

Stichproben und Eindichtung

An gleichbleibendem Entnahmeort, im westlichen Endteil des Genfersees, und trotz leicht fliessendem Wasser, liefert die 1-Liter Friedinger-Flasche, während mehr als 40 Minuten, Zufallsstichproben.

Unfixierte Proben dieses Flascheninhalts sind wiederum Zufallsstichproben.

In mit Lugol'scher Lösung fixierten Proben führt längeres Aufbewahren zur Auflösung der Kolonien. Die Auflösungsgeschwindigkeit hängt stark von der Planktonart ab.

Die Mesofiltration gibt wiederholbare Ergebnisse.

Die Ultrafiltration, mit direkter Auszählung auf der Membran, ist ein sehr genaues Schätzungsverfahren. Es eignet sich jedoch nur für die dem Austrocknen widerstehenden Diatomeen.

Zentrifugenproben sind Zufallsstichproben; sie sind jedoch mit einer grossen Streuung behaftet. Die Auszählung einer einzelnen Zentrifugenprobe gibt eine wenig sichere Schätzung der Planktondichte. Auch widerstehen die Kolonien gewisser Arten dieser Behandlung schlecht.

Ein behutsameres Verfahren ist das einfache Absinkenlassen während 24 Stunden im Messzylinder, mit nachfolgendem Absaugen des überstehenden Wassers. Dieses Eindichtungsverfahren ist ausserdem genauer als das Zentrifugieren.

Zählkammern

Die Sedgewick-Rafter Kammer gibt zufällig streuende Ergebnisse. Die Organismen sind zufällig auf der ganzen Kammerfläche verteilt.

In runden Kammern (Utermoehl und Kolkwitz) ergibt die Auszählung der ganzen Kammer zufällig streuende Werte. Die Verteilung der Organismen auf dem Kammerboden ist jedoch selten rein zufällig. Fülltechnik und Wärmeverhältnisse während des Absinkens beeinflussen das Verteilungsmuster. Die Unregelmässigkeit des Musters hängt ausserdem von der Art der Organismen ab.

Die durch Stichprobenentnahme, Eindichtung und Füllung der Kammer verursachte Streuungskomponente ist in wiederholten Auszählungen verhältnismässig grösser als die Streuungskomponente innerhalb der Kammern. Das zweckmässigste Verhältniss zwischen dem auszuzählenden Teil einer Kammer und der Anzahl zu untersuchenden Kammern kann berechnet werden. In einem, ein für alle Mal aufgezeichneten Nomogramm können diese Werte auch abgelesen werden.

Wird eine Wasserprobe mit verschiedenen Kammerverfahren untersucht, so ergeben sich kleine, aber statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Schätzungen. Absolute Werte verschiedener Untersucher können deshalb nicht ohne weiteres verglichen werden.

Teilzählungen, und Stichproben aus nicht zufällig verteilten Grundgesamtheiten

Mit verschiedenen Chi-quadrat-Prüfverfahren kann das Verteilungsmuster in der Kammer beurteilt werden. Sind die Organismen nicht zufällig verteilt, so muss in einer Teilzählung möglichst der ganze Kammerboden beachtet werden.

Man kann den Kammerboden in Flächeneinheiten unterteilen, worin Teilzählungen, bei nicht zufälliger Anordnung der Organismen, drei verschiedene Mittelwerte liefern können:

1° Dichte in einem systematisch gewählten Teil der Kammer,

2° Dichte in zufällig über die ganze Kammer verteilten Flächeneinheiten,

3° Wirkliche Dichte in der ganzen Kammer.

Zu 1°: Diese sehr häufig angewandte Schätzung kann von dem wirklichen Wert stark abweichen. Während dem Auszählen fortschreitend berechnete Mittelwerte schwanken stark um den wirklichen Wert, ohne sich hierauf festzusetzen. Die Streuung zwischen den Werten der einzelnen Flächeneinheiten ist manchmal viel kleiner als die wirkliche Streuung innerhalb der ganzen Kammer.

Zu 2°: Werden die auszuzählenden Flächeneinheiten auf dem ganzen Kammerboden gewählt, nach einem zum vorneherein bestimmten zufällig verteilten Punktsystem, so findet man einen Mittelwert, der sich bei fortschreitender Auszählung immer mehr dem wirklichen Wert nähert, und somit eine gute Schätzung liefert. Die Streuung ergibt ebenfalls eine richtige Schätzung der wirklichen Streuung innerhalb der Kammer.

Im allgemeinen wird folgende praktische Anwendung zufriedenstellende Ergebnisse liefern:

1) Füllung von zwei Zählkammern (Art der Kammer und des Eindichtungsverfahrens hängen von den Umständen der Untersuchung ab; siehe § V);
2) Bestimmung der Mindestzahl zu zählender Organismen oder zu untersuchender Flächeneinheiten (siehe § VII);
3) Auszählung in zufällig auf dem ganzen Kammerboden verteilten Flächeneinheiten (siehe § VI. 3.1);
4) Aufzeichnen der Zählergebnisse in Form von Häufigkeitsverteilungen (siehe § VI. 1);
5) Schätzung der Planktondichte durch Umwandlung der Zählergebnisse mit Hilfe geeigneter Nomogramme (siehe § VI. 1).

Anhang

I. Zusammenfassung der Formeln und Bemerkungen zu den in der Arbeit angewandten statistischen Methoden.

II. Zwei Systeme von zufällig verteilten Punkten auf einer Kreisfläche von 25 Durchmesser-Einheiten.

III. Nomogramme.

VIII. 1.2. Summary

In searching for the most efficient counting procedure,—i.e. the method which yields the maximum information of known accuracy with the minimum expenditure of time and labour,—a statistical analysis of the various methods available for the density estimation of freshwater plankton has been made, together with a systematic study of preparative stages and the ways of counting and testing the results. The examination of the procedures of Utermoehl, Kolkwitz, Sedgewick-Rafter and ultrafiltration has provided the following conclusions:

Sampling and Concentration

Samples collected with a 1-litre Friedinger bottle are representative of the environment sampled. The environment in this case was the slowly flowing water of the Western end of the Lake of Geneva: samples were collected in the course of half-an-hour.

Unfixed random sub-samples from the bottle are representative of the total contents.

Long preservation favours the disaggregation of colonial forms; these types show specific resistance to such disaggregation.

Results from mesofiltration are reproducible.

Ultrafiltration, combined with immediate counting on the membrane, is a very accurate method of estimation. It is, however, limited to diatoms since these alone are able to resist dessication.

Centrifugation, providing rapid concentration, gives reproducible results. These latter manifest, however, a strong variability. Density estimations as derived from a single centrifuge sample are not very reliable.

Data are presented for a simple method of decantation which may be applied to all sedimentable organisms with the production of reproducible results. This method has the advantage of being more accurate than centrifugation and less deleterious for delicate organisms.

Counting chambers

The accuracy of the results obtained with the Sedgewick-Rafter cell has been confirmed. The sediment shows a random distribution, and it is possible to estimate the mean in a part of the cell chosen by a systematic procedure.

Round chambers, such as the types Kolkwitz and Utermoehl, provide accurate results by enumeration of the whole sediment. However, this sediment seldom presents a random distribution of the organisms. The distribution itself depends on the way in which the chamber is prepared. Moreover, the pattern of non-randomness varies according to the different species present.

Errors due to sub-sampling, concentration and filling, in counts made in replicate preparations, account for more variance than the variance shown within a single cell. Consequently, a theory is given for calculating the optimum fraction of the sediment to be counted in replicate cells.

There is a slight, but statistically significant, discrepancy between the data obtained using the various methods of enumeration. The results advanced by different investigators should therefore be compared with care.

Partial counts, and Sampling in non-random distributed populations

The varying strength of the different Chi-square tests for randomness is discussed with respect to the control of the pattern of sedimentation.

Partial counting in non-randomly distributed sediments provides three possible means of density:

1° The density in some regions of the surface chosen by a systematic procedure,

2° The density in some areas chosen at random from the whole sediment,

3° The true density of the whole cell, i.e. in all regions of the sediment (the " real mean ").

Ad 1°: The sampling of areas by a system of systematically-chosen points yields a mean which is very different from the real mean. If means are calculated progressively during the process of enumeration, the results oscillate around the real mean, without necessarily touching it. Furthermore, such counts often suggest a smaller standard error than the real error of the total count.

Ad 2°: Random sampling of areas taken from the whole surface of the sediment gives a mean which approaches the total mean during the enumeration procedure. The standard error involved equals the true total error.

In practical terms, the following general procedure will give the most satisfactory results:

1) Preparation of two sub-samples for enumeration (the type of counting chamber and the method of concentration being chosen according to the needs and circumstances of the examination).

2) Determination of the minimum number of organisms to be counted for every species, or determination of the minimum number of areas to be enumerated in the sediment, following the principles as developed under § VII.

3) Counting (for each cell) up to the chosen number of organisms or areas, and at the same time applying a system of random sampling of areas on the whole surface (cf. § VI. 3.1).
4) Recording of plankton frequencies and of number of areas examined (cf. § VI. 1).
5) Transformation of these results of counting into an estimate of density by means of a suitable nomogram (cf. § VI. 1).

Appendixes contents

I. List of statistical formulas used in this paper.
II. Two systems of random distributed points on a circular surface of 25 units diameter.
III. Nomograms.

VIII. 2. Remerciements

Cette étude a été réalisée à l'Institut de Botanique générale et au Laboratoire de Statistique mathématique de l'Université de Genève. Il me reste maintenant l'agréable devoir d'exprimer ma grande reconnaissance à mes maîtres, MM. les Professeurs F. Chodat et A. Linder, qui m'ont initiée aux problèmes de l'algologie et de la biologie quantitative, et m'ont encouragée par leurs conseils et par l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail.

Ma reconnaissance va également au Professeur O. Jaag, directeur de l'Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux, à Zurich, ainsi qu'à ses collaborateurs.

Au cours des prélèvements j'ai bénéficié de l'expérience et de la compétence en planctologie de M. P. Martin, de l'Institut de Botanique générale. Qu'il en soit chaudement remercié ici.

Je suis reconnaissante à Mlles M. Schneeberger et J. Gilliéron pour toute l'aide qu'elles m'ont apportée dans la préparation du manuscrit.

L'achat de matériel spécialisé a été facilité par la libéralité de la Société académique de Genève, à laquelle va ma plus vive gratitude.

VIII. 3. BIBLIOGRAPHIE

Ballantine, D. 1953: Comparison of the different methods of estimating nanoplankton. *Jour. Mar. Biol. Ass. UK. 32*, 129-147.

Barnes, H. and Marshall, S. M. 1951: On the variability of replicate plankton samples and some applications of « contagious » series to the statistical distribution of catches over restricted periods. *Jour. Mar. Biol. Ass. UK. 30*, 233-263.

BETANT, A. et PERRENOUD, G. 1932: Etudes sur la partie occidentale du Lac de Genève. *Mém. Soc. Phys. Hist. Nat., Genève, 41.*

COCHRAN, W. G. 1954: Some Methods for strengthening the common Chi²-Test. *Biometrics, 10,* 417-451.

DIETERICH, B. und STEINECKE, H. 1955: Die Bedeutung der Planktonkonzentration und deren quantitative Bestimmung in Oberflächengewässern. Vom Wasser *(Jahrb. f. Wasserchem. u. Wasserreinigungstechnik), 22,* 72-89.

FISHER, R. A. and YATES, F. 1953: *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research,* 4e éd., Oliver and Boyd, London.

GILBERT, J. Y. 1942: The errors of the Sedgewick-Rafter Counting Chamber in the enumeration of Phytoplankton. *Trans. Amer. Micr. Soc. 61,* 217-226.

GREIG-SMITH, P. 1957: *Quantitative Plant Ecology.* Butterworth, London.

GROTE, A. 1953: Beitrag zur statistischen Überprüfung quantitativer Methoden in der Limnologie. *Gewässer u. Abwässer, 5,* 33-76.

JAVORNICKY, P. 1958: The Revision of some quantitative Methods for Phytoplankton Research (English summary). *Scientif. Papers. Inst. Chem. Techn. Prague, Fac. Techn. Fuel and Water, 2,* 283-367.

JANNASCH, H. W. 1953: Weitere Mitteilung zur quantitativen Phytoplankton-Untersuchung mit Membranfiltern. *Ber. Limnol. Flusstat. Freudenthal 5,* 59-62.

KUTKUHN, J. H. 1958: Notes on the precision of numerical and volumetric plankton estimates from small-sample concentrates. *Limnol. and Oceanogr., 3,* 69-83.

LAMOTTE, M. 1957: *Initiation aux méthodes statistiques en biologie.* Masson, Paris.

LINDER, A. 1960: *Statistische Methoden.* Birkhäuser, Basel. 3e éd.

LITTLEFORD, R. A., NEWCOMBE, C. L. and SHEPHERD, B. B. 1940: An experimental study of certain quantitative plankton methods. *Ecology, 21,* 309-322.

LUND, J. W. G. and TALLING, J. F. 1957: Botanical limnological methods with special reference to the algae. *Bot. Rev. , 23,* 489-583.

—— KIPLING, C. and LE CREN, E. D. 1958: The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia, 11,* 143-170.

MOORE, E. W. 1952: The precision of microscopic counts of plankton in water. *Jour. Amer. Wat. Works Ass., 44,* 208-216.

NAUMANN, F. 1931: Limnologische Terminologie. In: *Abderhalden, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden,* Abt. IX, Teil. 8, 1-775.

RICKER, W. E. 1937: Statistical treatment of sampling processes usefull in the enumeration of plankton organisms. *Arch. Hydrobiol. (Plankt.), 31,* 68-84.

ROBERT, H. 1922: L'emploi du filet et de la pompe dans les pêches de plankton. *Ann. Biol. Lacustre, 11,* 208-240.

SCHMITZ, W. 1953: Die Genauigkeit quantitativer Planktonuntersuchungen mit dem Membranfiltrationsverfahren. *Ber. Limnol. Flussstat. Freudenthal, 5,* 77-86.

SERFLING, R. E. 1949: Quantitative estimation of plankton from small samples of Sedgewick-Rafter-Cell mounts of concentrate samples. *Trans. Amer. Micr. Soc., 68,* 185-199.

STANDARD METHODS for the examination of Water, Sewage and Industrial Wastes, 1955. *Amer. Publ. Health Ass. N.Y.,* 10th ed.

UEHLINGER, V. et LINDER, A. 1955: L'efficacité du dénombrement dans l'hémacytomètre. *Arch. Sciences, Genève, 8,* 429-441.

UTERMOEHL, H. 1927: Unzulänglichkeiten bei den bisherigen Einteilungen des mikroskopischen Gesichtsfeldes und ihre Beseitigung durch das Zählstreifenokular. *Z. wiss. Mikr., 44,* 466-470.

—— 1958: Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Limnol., Mitt., 9,* 1-39.

VOLLENWEIDER, R. und WOLFF, H. 1948: Zur Methodik der Planktonstatistik. *Schweiz. Zeitschr. Hydrobiol., 11,* 254-262.