

**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:** IV: Prélèvement quantitatif et échantillonnage dans le prélèvement  
**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:** 11.01.2026

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

semblent donc plus fragiles et plus sujettes à l'effritement par nos méthodes de conservation et de préparation du dénombrement. Au cours de nos études suivantes du dénombrement, il a été tenu compte des corrections nécessitées par le facteur de bris des formes coloniales. Il est évident que les exemples donnés ne sont valables que dans le cadre du problème abordé et que chaque nouvelle étude exige un effort semblable.

#### IV. PRÉLÈVEMENT QUANTITATIF ET ÉCHANTILLONNAGE DANS LE PRÉLÈVEMENT

##### IV. 1. PRÉLÈVEMENT QUANTITATIF

De nombreux auteurs (ROBERT 1922, DIETERICH & STEINECKE 1955) ont constaté la grande incertitude que représente la collection quantitative du plancton par le moyen du filet. Pour un échantillonnage quantitatif l'utilisation d'un récipient de volume fixe, muni d'un mécanisme spécial d'ouverture et de fermeture, tel que la bouteille Friedinger, fournit des résultats plus valables. La bouteille Friedinger de un litre de volume s'est révélée utile dans l'étude présente.

Dans quelle mesure un litre, prélevé avec la bouteille, représente-t-il le milieu original ? Cette question pose un double problème :

- 1<sup>o</sup> le problème technique concernant la variabilité entre prélèvements effectués dans un milieu supposé fortuit quant à la répartition des organismes,
- 2<sup>o</sup> le problème de la dispersion fortuite ou non des organismes dans le lac ou, au moins, dans la partie choisie.

Au premier problème, on peut répondre par une analyse statistique de prélèvements répétés dans des conditions précises. Le second problème est plus délicat : le Léman, et le Petit-lac en particulier, n'est pas stagnant. BETANT & PERRENOUD (1932) ont établi des cartes détaillées des courants principaux moyens de la partie occidentale du lac de Genève. Dans les régions « pélagiques » ( $> 8$  m de profondeur), BETANT & PERRENOUD (1932) indiquent des courants moyens de 3 cm/sec environ. Durant l'intervalle de 3 minutes (intervalle minimum entre deux prélèvements successifs avec une même bouteille), l'eau s'est déplacée. Même si les valeurs absolues fournies par Bétant et Perrenoud peuvent être sujettes à certaines réserves techniques, il en ressort clairement que deux prélèvements successifs au même endroit géographique ne se font pas dans le même volume hydrographique. Cependant, ces courants assurent dans le bassin du Petit-lac une répartition assez régulière des organismes suspendus passivement, dont l'équilibre est assuré par divers mécanismes biologiques

à l'exclusion d'une mobilité perceptible. Une stratification ne se présentera que pour des organismes dotés d'une mobilité active (cf. § IV. 2.2).

#### IV. 2. REPRODUCTIBILITÉ DES PRÉLÈVEMENTS

Les prélèvements répétés dans le lac, avec la bouteille Friedinger doivent fournir des échantillons de suspension qui représentent le milieu original selon une distribution fortuite. Toutefois, l'estimation de la récolte obtenue par chaque prélèvement ne peut s'effectuer sans dénombrement. C'est l'analyse de variance qui permet de séparer les erreurs introduites par le prélèvement de celles inhérentes au dénombrement.

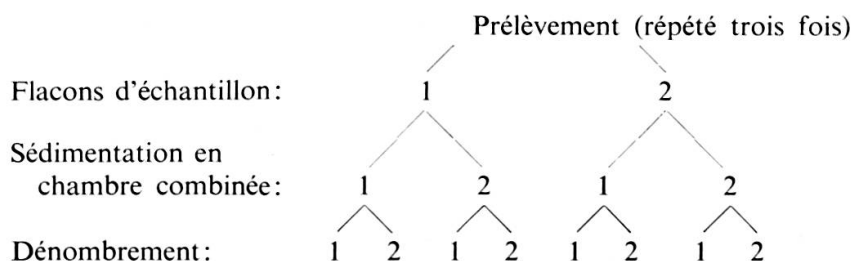
##### IV. 2.1. *Variance entre prélèvements et à l'intérieur des prélèvements, pour une seule espèce*

Une première expérience permet de déterminer la variance entre trois prélèvements répétés et la variance entre les flacons d'échantillons remplis avec le même prélèvement. Le facteur d'erreurs personnelles possibles, par exemple les erreurs de comptage, ou les fausses déterminations de l'espèce, est mesuré également.

Dans cette expérience, le dénombrement d'une seule espèce peut convenir.

Pour diminuer autant que possible les erreurs inhérentes au comptage, nous avons choisi un organisme lourd, sédimentant facilement et complètement, facile à identifier et se trouvant en densité favorable au dénombrement. Les filaments de *Melosira islandica* nous semblaient les plus indiqués (les filaments ne s'effritent pas au courant de la préparation).

Trois prélèvements de 1 litre chacun sont effectués à 3 mètres sous la surface (lac immobile, fonds à 6 m au large du Port-Noir) à intervalle de quatre minutes. Chaque prélèvement est sous-divisé comme suit :



Pour connaître l'importance de l'erreur personnelle, chaque chambre est comptée deux fois en entier, à une heure d'intervalle. Les résultats sont résumés dans les tableaux 6.1 et 6.2.

La moyenne générale est égale à  $\bar{x} = 98,4$  filaments par chambre.

L'erreur personnelle (CM entre dénombrements) est petite; elle est insignifiante par rapport à la variance entre sédimentations:

$$F = \frac{79,46}{10,54} = 7,54 \quad p < 0,01.$$

TABLEAU 6.1

*Dénombrements répétés de Melosira islandica dans chambre combinée*

Flacon d'échantillon	Sédimentation en chambre combinée	Dénombrement	Prélèvement			
			1	2	3	
1	1.1	1.1.1	114	94	101	
		1.1.2	103	91	94	
	Total 1.1 . . . . .		217	185	195	
	1.2	1.2.1	97	88	90	
		1.2.2	102	92	90	
	Total 1.2 . . . . .		199	180	180	
	Total 1 . . . . .		416	365	375	
	2	2.1	2.1.1	96	102	98
			2.1.2	93	99	100
		Total 2.1 . . . . .		189	201	198
2.2		2.2.1	106	89	94	
		2.2.2	107	86	95	
Total 2.2 . . . . .		213	175	189		
Total 2 . . . . .		402	376	387		
Total du prélèvement . . . . .		818	741	762		

Il en résulte néanmoins qu'un seul dénombrement est sujet à une erreur de  $CV = 3,3\%$  dans notre cas.

$$(CV = \frac{\sqrt{10,54}}{98,4} \cdot 100\% = 3,3\%) .$$

La variabilité entre les différents sédiments, c'est-à-dire entre les préparations de la chambre à dénombrer est relativement importante. Elle est beaucoup plus

TABLEAU 6.2

*Analyse de variance du dénombrement tableau 6.1*

Source de variance	DL	SC	CM = variance
Prélèvements . . . . .	2	369,09	198,05
Flacons d'échantillon . . . . .	3	57,62	19,21
Sédiments . . . . .	6	476,75	79,46
Dénombrements . . . . .	12	126,50	10,54
Total . . . . .	23	1056,96	

élevée que la variance entre flacons. Cette variance entre flacons est insignifiante par rapport à la variance entre prélèvements

$$F = \frac{198,05}{19,21} = 10,31 \quad p > 0.05.$$

Il résulte de ce tableau que le premier échantillonnage à l'intérieur du prélèvement de 1 litre n'introduit pas de variance supplémentaire, et que le contenu des flacons d'échantillon représente fidèlement le volume entier du prélèvement. Le fait de remplir les flacons d'échantillon avant la fixation, avec un matériel vivant, en suspension naturelle, et le mélange qui s'opère pendant l'écoulement de cet échantillon dans le flacon, sont certainement un avantage qui évite une erreur de brassage, présente dans les étapes suivantes. Il n'est donc pas statistiquement nécessaire de prélever plusieurs flacons d'échantillon par bouteille de prélèvement.

La variance entre prélèvements semble relativement élevée. Une deuxième expérience avec un plus grand nombre de prélèvements répétés montrera l'importance de cette variance.

IV. 2.2. *Variance entre prélèvements : plusieurs espèces et plusieurs profondeurs, « pouvoir de résolution de la méthode »*

La variabilité entre prélèvements devrait s'exprimer de même manière pour toutes les espèces planctoniques. Utilisant le résultat du dénombrement d'un échantillon pour tester la méthode de prélèvement, il est nécessaire de vérifier ce point. Le fait que l'eau du lac s'écoule entre deux prélèvements introduit un autre facteur inconnu. L'expérience suivante est conçue de façon à tenir compte de plusieurs espèces différentes, de vitesses d'écoulement variables pour différentes profondeurs, et d'annuler entre deux prélèvements l'effet de cet écoulement.

L'organisation de la pêche doit donc écarter, dans la mesure du possible, des erreurs systématiques qui fausseraient les effets des conditions examinées; par exemple un effet du temps écoulé entre deux opérations pourrait soit diminuer, soit accentuer l'importance d'une stratification en profondeur. Notre plan de l'organisation d'une série de pêches répétées prévoit l'interversion intentionnelle de l'ordre des prélèvements. (Si un procédé systématique, introduisant en principe une erreur probable, ne fausse en réalité pas les valeurs cherchées, il peut sciemment être maintenu, et ensuite être mis en évidence ou en défaut par l'analyse statistique). Le plan des prélèvements se présente comme suit: au large du Port-Noir, la profondeur du lac atteint 8 m 50; quatre prélèvements en profondeur sont effectués tous les 2 mètres, à partir de 1 mètre sous la surface (*A*, *B*, *C* et *D*); une telle série est répétée quatre fois, dans l'ordre suivant (tableau 7):

TABLEAU 7

*Ordre de prélèvement de seize pêches.*

*A, B, C, D = premier, deuxième, troisième et quatrième prélèvement.*

Série de prélèvements	Première	Deuxième	Troisième	Quatrième
Profondeur sous la surface: 1 mètre	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
3 mètres	<i>A</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>B</i>
5 »	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>
7 »	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>D</i>

Avec cette disposition, la séquence des prélèvements ne devrait pas avoir d'influence systématique à l'intérieur d'une série. Si le temps exerce un effet sur la stratification, cela se manifesterait entre les séries successives. Les seize prélèvements ont été effectués en trois quarts d'heure à partir de 16 heures, par temps ensoleillé. De chaque prélèvement, un seul flacon d'échantillon est conservé; de chaque échantillon, deux dénombrements sont faits en chambre combinée de 50 ml.

Le pouvoir de résolution d'une méthode se montre surtout dans les faibles fréquences qui présentent, selon la loi de Poisson, des variances élevées par rapport à la moyenne. C'est pourquoi, à côté des organismes fréquents tels que *Asterionella* et *Fragilaria*, nous avons dénombré quelques espèces rares.

Organismes dénombrés :

<i>Unicellulaires :</i>	passif:	<i>Ceratium hirundinella</i>	(Péridinien)
	nageur:	<i>Codonella lacustris</i>	(Rotateur).
<i>Colonies :</i>	nombreuses:	<i>Asterionella formosa</i>	(Diatomée)
	fréquentes:	<i>Fragilaria crotonensis</i>	»
	»	<i>Melosira islandica</i>	»
	rares:	<i>Tabellaria fenestrata</i>	»
		<i>Gemelliscystis lundii</i>	(Chlorophycée)
		<i>Eudorina elegans</i>	»
<i>Crustacé :</i>	nageur:	<i>Daphnia hyalina</i>	(Crustacé).

Le dénombrement entier de la chambre évite les variabilités considérables dues à la méthode de la chambre combinée (cf. § VI. 3). Les résultats des dénombrements sont résumés dans le tableau 8.1 et présentent le nombre d'individus, de colonies ou de filaments trouvés dans un volume de 50 ml d'eau du lac.

TABLEAU 8.1

*Dénombrement, dans quatre prélèvements, à quatre profondeurs différentes,  
de neuf espèces planctoniques  
Nombre d'individus ou de colonies par 50 ml d'eau*

Organisme	Pro- fondeur	Séries de prélèvements							
		Première		Deuxième		Troisième		Quatrième	
		Dénombrement		Dénombrement		Dénombrement		Dénombrement	
		1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>
<i>Ceratium</i> (individus)	1 m	4	7	11	2	9	4	4	8
	3 m	4	4	9	9	1	10	6	5
	5 m	7	8	8	9	6	11	4	13
	7 m	8	7	5	7	9	7	11	9
<i>Codonella</i> (individus)	1 m	29	46	30	32	26	33	27	44
	3 m	40	53	63	47	42	41	44	60
	5 m	37	55	36	40	47	37	39	47
	7 m	60	93	47	64	62	57	63	52

Organisme	Pro- fondeur	Série de prélèvements							
		Première		Deuxième		Troisième		Quatrième	
		Dénombrement		Dénombrement		Dénombrement		Dénombrement	
		1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>
<i>Asterionella</i> (colonies)	1 m	76	108	58	79	68	87	82	102
	3 m	80	72	96	88	80	79	74	83
	5 m	67	79	83	76	104	88	84	80
	7 m	72	102	94	92	75	102	119	104
<i>Fragillaria</i> (colonies)	1 m	33	41	28	35	27	40	20	27
	3 m	38	34	25	31	14	24	29	39
	5 m	12	28	29	26	30	32	27	32
	7 m	22	36	24	41	35	36	28	31
<i>Melosira</i> (filaments)	1 m	17	13	13	9	11	14	14	12
	3 m	27	14	17	10	11	19	24	18
	5 m	21	11	14	11	15	18	12	10
	7 m	20	18	40	12	23	26	16	18
<i>Tabellaria</i> (colonies)	1 m	4	1	0	2	2	1	0	1
	3 m	3	1	0	0	0	3	2	2
	5 m	0	0	3	4	1	1	2	0
	7 m	2	0	2	2	1	1	3	1
<i>Gemelliscystis</i> (cénobes)	1 m	3	9	6	6	6	6	5	5
	3 m	2	4	7	4	8	6	2	5
	5 m	7	10	5	4	3	9	6	13
	7 m	3	9	10	2	5	9	3	7
<i>Eudorina</i> (cénobes)	1 m	3	14	2	11	2	13	4	11
	3 m	4	11	2	11	6	13	6	16
	5 m	2	5	1	10	3	16	9	10
	7 m	2	20	7	10	1	19	4	10
<i>Daphnia</i> (individus)	1 m	0	0	0	0	0	0	1	1
	3 m	1	1	4	1	3	0	1	3
	5 m	7	13	9	9	6	5	6	13
	7 m	2	0	0	0	1	4	1	1

Le tableau 8.1 des dénombrements montre en premier lieu les fréquences très variables entre espèces mais relativement stables entre les dénombrements répétés, à part les *Eudorina* dont les cénobes se dissocient déjà pendant une courte période de conservation.

Les analyses de variance, résumées dans le tableau 8.2 indiquent une variance considérable entre dénombrements, par rapport aux autres sources de variance, et ceci chez toutes les espèces.



L'interaction est nulle partout (tableau 8.2). Nous pouvons donc comparer les variances entre séries et les variances entre profondeurs avec la variance entre dénombrements. Pour toutes les espèces, la variance entre séries n'est pas significative ( $F > F_{0,05}$ ), c'est-à-dire la répétition des séries n'introduit pas une variabilité (erreur) qui dépasse celle du comptage. Ceci indique également qu'à l'intérieur des trois quarts d'heure de pêche, la dispersion des organismes ne s'est pas modifiée.

TABLEAU 8.2

*Analyses de variance des résultats du tableau 8.1*

	Variance (carré moyen) entre			Interaction
	Profondeurs	Séries	Dénombrements	
Degré de liberté . . . . .	3	3	16	9
<i>Ceratium</i> . . . . .	10,87	3,37	4,01	10,44
<i>Codonella</i> . . . . .	1182,24	107,87	65,93	96,91
<i>Asterionella</i> . . . . .	329,3	126,8	228,7	148,7
<i>Fragilaria</i> . . . . .	37,23	2,57	81,72	42,88
<i>Melosira</i> . . . . .	124,42	8,58	25,78	40,19
<i>Tabellaria</i> . . . . .	0,062	0,229	2,715	1,281
<i>Gemmellicystis</i> . . . . .	7,62	1,45	5,89	9,03
<i>Daphnia</i> . . . . .	114,25	1,37	3,48	3,78

TABLEAU 8.3

*Moyenne totale  $\bar{x}$  d'organismes/50 ml*  
*Coefficient de variation CV et présence de différences entre séries répétées*  
*et entre profondeurs*

	$\bar{x}$	$CV (= s_{\bar{x}} \%)$	Existence de différences entre	
			Séries	Profondeurs
<i>Ceratium</i> . . . . .	7,06	40%	—	—
<i>Codonella</i> * . . . . .	(46,7)	indéterminé	—	significative
<i>Asterionella</i> . . . . .	85,4	10%	—	—
<i>Fragilaria</i> . . . . .	29,8	15%	—	—
<i>Melosira</i> . . . . .	16,5	15%	—	—
<i>Tabellaria</i> . . . . .	1,41	50%	—	—
<i>Gemmellicystis</i> . . . . .	5,91	35%	—	—
<i>Daphnia</i> * . . . . .	(2,91)	indéterminé	—	significative

\* Espèces stratifiées.

Entre les différentes profondeurs nous ne constatons aucune inégalité significative dans les espèces *Ceratium*, *Asterionella*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Tabellaria* et *Gemelliscystis*, c'est-à-dire parmi les organismes flottant passivement. Les organismes nageurs, par contre, *Codonella* et *Daphnia*, présentent des densités significativement différentes entre profondeurs. Ces organismes sont donc stratifiés en couches horizontales. Puisque le phénomène se maintient durant les quatre répétitions, pendant que le volume d'eau s'est déplacé de plusieurs mètres, ces stratifications affectent des étendues importantes. En conclusion écologique, les espèces sans moyen de déplacement actif sont réparties régulièrement dans toute la profondeur pendant un laps de temps prolongé. Les nageurs se maintiennent dans des zones stratifiées et délimitées très distinctement.

Du point de vue méthodologique, on constate que le prélèvement à la bouteille permet de mettre en évidence des écarts absolus très petits, tels que chez la *Daphnia*:

0,25	individus/50 ml à 1 mètre
1,75	» /50 » » 3 mètres
8,50	» /50 » » 5 »
1,13	» /50 » » 7 »

La précision obtenue avec une seule prise n'est pas inférieure à celle résultant du dénombrement. Une bouteille est donc représentative pour le volume (ou la couche stratigraphique) dont elle a été prélevée, à l'intérieur des trois quarts d'heure de durée de la pêche.

## V. CONCENTRATION ET CHAMBRES A DÉNOMBRER

### V. 1. MÉTHODES DE CONCENTRATION INDÉPENDANTES

Les deux principes selon lesquels les organismes en suspension sont séparés de leur milieu sont:

- a) la filtration, retenant les organismes soit sur un filtre de soie à blûter (par exemple « Zürcher Filtertrichter »), soit sur une membrane d'ultrafiltration (SCHMITZ 1953), soit encore dans une couche de sable fin (méthode SEDGEWICK-RAFTER, cf. STANDARD METHODS 1955), et
- b) la sédimentation par centrifugation ou par décantation (UTERMÖHL 1958). Dans la méthode de la sédimentation, les organismes à densité inférieure à celle de l'eau doivent être récoltés séparément (par exemple par filtration du liquide surnageant).

Les méthodes de mésosiltration, ultrafiltration et centrifugation ont été utilisées par différents auteurs qui en ont évalué la précision. Toutefois, une étude systématique